

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL



“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL  
CENTRO POBLADO DE CULQUI, LAURELES Y EL CASERÍO DE  
CULQUI ALTO EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE  
AYABACA - PIURA”

*PRESENTADO POR:*

Bach. Hugo David Benito Orihuela

*ASESORADO POR:*

Ing. Julián Dienstmaier León

PIURA – PERU, 2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**DECANATO**

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por el ex alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

**BACH. BENITO ORIHUELA HUGO DAVID**

### **TESIS TITULADA**

**"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL CENTRO POBLADO DE CULQUI, LAURELES Y EL CASERIO DE CULQUI ALTO EN EL DISTRITO DE PAIMAS PROVINCIA DE AYABACA - PIURA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

Aprobado con el calificativo de Buena

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:

Apto

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 28 de febrero de 2018.

**ING. MARIA JOSEFA GUTIERREZ ADRIANZEN M.Sc.**  
**PRESIDENTE**

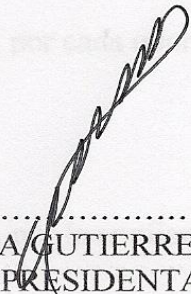
**ING. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS**  
**SECRETARIO**

**ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO**  
**VOCAL**



**HOJA DE REGISTRO DE FIRMAS**

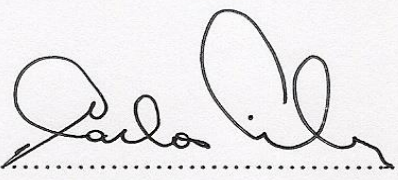
TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL “DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
EN EL CENTRO POBLADO DE CULQUI, LAURELES Y EL CASERÍO DE CULQUI  
ALTO EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA”



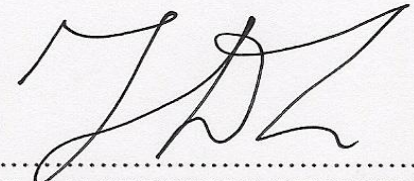
.....  
ING. MARIA JOSEFA GUTIERREZ ADRIANZEN M.Sc  
PRESIDENTA



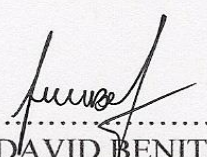
.....  
ING. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS  
SECRETARIO



.....  
ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO  
VOCAL



.....  
ING. JULIAN FEDERICO DIENSTMAIER LEON  
ASESOR



.....  
HUGO DAVID BENITO ORIHUELA  
TESISTA

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Por todo lo que ha brindado, por cada oportunidad que me da para poder ser feliz.

### **A mi madre:**

Por todo el amor que me da, por la confianza y el apoyo incondicional. Esta meta cumplida es para ti, eres gran parte de esto, sin tu apoyo y aliento no hubiera sido posible lograrlo.

### **A mis hermanos:**

Por ser un motivo más para seguir adelante en mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Ing. Julián Dienstmaier León:**

Por los conocimientos y el tiempo brindados para la elaboración de esta tesis.

**A la FIC-UNP:**

Por sus profesores, que son ejemplo de profesionalismo, exigencia y pudieron lograr que  
creciera en mi amor y pasión por mi carrera.

## CONTENIDO CAPITULAR

RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Delimitación del proyecto.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4 Hipótesis .....	4
1.5 Justificación .....	4
II. FUNDAMENTOS TEORICOS .....	6
2.1. Alcantarillado.....	6
2.1.1 Descripción e importancia del alcantarillado.....	6
2.1.2 Sistemas de alcantarillado.....	6
2.1.2.1 Clasificación .....	8
2.1.2.2 Red de atarjeas .....	8
2.1.2.3 Colectores e interceptores .....	10
2.1.2.4 Emisores.....	10
2.1.2.5 Disposición final .....	12
2.2 Alcantarillado sanitario.....	13
2.2.1 Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario .....	14
2.2.1.1 Tubería .....	14
2.2.1.2 Obras accesorias.....	15
2.2.2 Consideraciones generales de diseño.....	20
2.2.2.1 Levantamiento Topográfico.....	21
2.2.2.2 Ubicación y recubrimiento de tuberías .....	21
2.2.2.3 Cámaras de inspección.....	24
2.2.2.4. Conexiones de tuberías en cámara de inspección .....	27

2.2.3 Metodología de diseño de la red de alcantarillado sanitario .....	30
III. EVALUACION Y RESULTADOS .....	51
3.1. Desarrollo de la investigación.....	51
3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto .....	51
3.1.2. Población del proyecto .....	52
3.1.3. Uso y ocupación del territorio .....	52
3.1.4. Vía de acceso .....	53
3.1.5. Topografía .....	54
3.1.6. Hidrografía .....	54
3.1.7. Características de los suelos .....	54
3.1.8. Actividades económicas .....	55
3.1.9. Condiciones climáticas.....	55
3.1.10. Características culturales .....	56
3.2. Evaluación del sistema actual de saneamiento .....	56
3.2.1. Evaluación del sistema en Culqui Alto.....	57
3.2.2. Evaluación del sistema en Culqui .....	63
3.2.3. Evaluación del sistema en Laureles .....	65
IV. DISEÑO, ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES .....	68
4.1 Diseño de la alternativa para la evacuación de las aguas residuales.....	68
4.1.1 Consideraciones técnicas para el diseño .....	68
4.1.2. Presentación del diseño .....	68
4.2. Análisis del sistema de alcantarillado propuesto mediante el software Sewercad..	90
V. CONCLUSIONES .....	130
5.1 Conclusiones Respecto al Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	130
VI. RECOMENDACIONES.....	131
6.1. Recomendaciones Respecto al Sistema de Alcantarillado Sanitario .....	131
VII. ANEXOS.....	132
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	156

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las localidades de Culqui y Laureles y el caserío de Culqui Alto .....	3
Figura. 2.1. Esquema de una red de alcantarillado convencional .....	7
Figura 2.2. Trazo de una red de alcantarillado.....	12
Figura 2.3. Secciones típicas de conductos cerrados .....	12
Figura 2.4. Descarga domiciliaria con tubería de PVC .....	17
Figura 2.5. Componentes de cámara de inspección. Figura izquierda con entrada excéntrica, Figura derecha con entrada concéntrica.....	18
Figura 2.6. Corte de buzón tipo I (de 1.20m a 3.00m).....	19
Figura 2.7. Armadura de techo de buzón tipo I .....	20
Figura 2.8. Dispositivo de caída dentro del buzón.....	26
Figura. 2.9. Elementos de tubería .....	27
Figura. 2.10. Conexiones tuberías-cámara de inspección .....	29
Figura. 2.11. Tubería sección parcialmente llena .....	42
Figura 2.12. Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular .....	48
Figura 3.1. Distribución de la provincia de Ayabaca por distritos .....	51
Figura. 3.2. Situación del servicio – Culqui Alto .....	58
Figura. 3.3. Operatividad de las Letrinas con tanque séptico .....	60
Figura. 3.4. Caseta de las Letrinas con tanque séptico .....	61
Figura 3.5. Techo de las Letrinas con tanque séptico .....	62
Figura 4.1. Inicio de programa Sewercad .....	91
Figura 4.2. Configuración de unidades de Sewercad.....	92
Figura 4.3. Opciones de dibujo Sewercad .....	93
Figura 4.4. Prototipos Sewercad .....	94
Figura 4.5. Definición de prototipo Sewercad .....	95
Figura 4.6. Definición de diámetro en Sewercad.....	96
Figura 4.7. ModelBuilder Wizard Sewercad .....	97
Figura 4.8. ModelBuilder Wizard Sewercad .....	98



Figura 4.9. Configuración inicial ModelBuilder Wizard Sewercad .....	98
Figura 4.10. key fields ModelBuilder Wizard Sewercad.....	99
Figura 4.11. Finalización de configuración ModelBuilder Wizard Sewercad.....	100
Figura 4.12. Element Tables Sewercad.....	101
Figura 4.13. Selección en Element tables Sewercad.....	102
Figura 4.14. Background Layers Sewercad .....	103
Figura 4.15. T Rex Sewercad.....	104
Figura 4.16. Annotation properties Sewercad.....	106
Figura 4.17. Sanitary Load Control Center Sewercad .....	107
Figura 4.18. Alternativas de análisis Sewercad .....	108
Figura 4.19. tipo de cálculo – Análisis .....	109
Figura 4.20. Import from Library .....	110
Figura 4.21. Catálogos de tuberías Sewercad .....	111
Figura 4.22. configuración de tuberías Sewercad.....	113
Figura 4.23. Finalización de configuración de propiedades de tuberías Sewercad .....	114

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Localización del proyecto .....	2
Cuadro 2.1. Distancia máxima entre buzones .....	27
Cuadro 2.2. Variables requeridas para cálculo hidráulico .....	32
Cuadro 3.1. Vías de acceso a las localidades de Culqui y Laureles y el caserío de Culqui alto .....	53
Cuadro 3.2. Ficha de diagnóstico de UBS .....	57
Cuadro 3.3. Situación del servicio – Culqui Alto .....	58
Cuadro 3.4. Operatividad de las Letrinas con tanque séptico.....	59
Cuadro 3.5. Caseta de las Letrinas con tanque séptico .....	60
Cuadro 3.6. Ubicación de las Letrinas con tanque séptico .....	61
Cuadro 3.7. techo de las Letrinas con tanque séptico .....	61
Cuadro 3.8. Tubería de ventilación de las Letrinas con tanque séptico.....	62
Cuadro 3.9. Puerta de las Letrinas con tanque séptico .....	63
Cuadro 3.10. Financiamiento y antigüedad Letrinas con tanque séptico .....	63
Cuadro 3.11. Ficha de diagnóstico de UBS en Culqui .....	64
Cuadro 3.12. Ficha diagnóstica UBS en Laureles .....	65

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: POBLACION BENEFICIARIA

ANEXO 2: CAUDALES DE DISEÑO

ANEXO 3: TABLA HIDRAULICA DE TUBERIA LLENA

ANEXO 4: TABLA HIDRAULICA DE TUBERIA PARCIALEMNTE LLENA

ANEXO 5: RELACIONES HIDRULICAS

ANEXO 6: PLANO DE CONEXIÓN DOMICILIARIA

ANEXO 7: PLANO DE DETALLE DE BUZONES Y MEDIA CAÑA

ANEXO 8: PLANO DE PERFILES LONGITUDINALES DE TRAZO DE RED DE  
COLECTORES

## **RESUMEN**

En la presente investigación, se brindará a detalle el diseño de las redes de sistema de alcantarillado sanitario que cumpla con la normativa en el centro poblado de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca – Piura.

Este proyecto tiene como objetivo primordial brindar a la población una alternativa de sistema de evacuación de aguas residuales adecuado y regido a las normas, en el cual se ha trazado redes de colectores el cual nos permita recoger de todos los lotes el agua residual, apoyados de la topografía ha sido posible presentar una propuesta adecuada.

Se trabajo de tal forma que la profundidad de zanjas no sea excesiva, fijando las pendientes mínimas necesarias para que las aguas residuales sean llevadas a través de arrastre hidráulicas por las tuberías de la red colectora, una muestra de esto es haber establecido como profundidad máxima de buzón 2.70m, con lo cual se cumple con los requisitos de diseño solicitados para lograr evacuar el agua residual por gravedad.

A demás se tiene en cuenta las obras accesorias como buzones con sus respectivos detalles, especificaciones requeridos así mismo se establece como recomendación el tipo de planta de tratamiento de aguas residuales y su ubicación, ante esta propuesta se exponen los objetivos de la investigación, los cuales definen la guía a seguir para la realización de los respectivos diseños y su respectivo análisis que nos brindará una mayor fiabilidad al trabajo realizado.



## **ABSTRACT**

In the present investigation, the design of sanitary sewer system networks that comply with regulations in the town of Culqui, Laureles and the village of Culqui Alto in the district of Paimas, province of Ayabaca - Piura, will be provided in detail.

The main objective of this project is to provide the population with an alternative system for disposing of wastewater that is adequate and governed by regulations, in which networks of collectors have been drawn up which allow us to collect wastewater from all the lots, supported by the topography has been possible to present a suitable proposal.

We work in such a way that the depth of trenches is not excessive, fixing the minimum slopes necessary for the wastewater to be carried through hydraulic dragging through the pipes of the collection network, a sample of this is having established as maximum depth of 2.70m manhole, which meets the design requirements required to evacuate wastewater by gravity.

In addition, accessory works such as mailboxes with their respective details, required specifications, are taken into account, and the type of wastewater treatment plant and its location is established as a recommendation, and the objectives of the investigation are set forth before this proposal. they define the guide to follow for the realization of the respective designs and their respective analysis that will give us a greater reliability to the work carried out.

## **I GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCION**

El proceso de desarrollo del hombre lo hizo asentarse en determinadas regiones, dejó el estilo de vida errante y formó comunidades como manera de desarrollo a través del apoyo mutuo. Estas comunidades al crecer en número acrecientan sus necesidades y una de estas es el abastecimiento del agua, esta agua es utilizada por la población en un sinnúmero de actividades alimenticias, lavandería, aseo personal, etc.

A continuación, ante este uso del agua es de vital importancia que los residuos del agua utilizada sean llevados a lugares donde evite problemas a la población, la libre de enfermedades y es así como surge la necesidad de contar con un sistema de alcantarillado sanitario para poder evacuar las aguas residuales.

Al ser mayor la población demandante de un servicio de alcantarillado, esta situación como profesionales de ingeniería nos obliga a dar soluciones óptimas que hagan posible cubrir la demanda de la población en el momento actual y a futuro.

Como es sabido los servicios básicos son escasos o deficientes en zonas rurales, evitando el desarrollo de la población y en nuestra zona de estudio considerada una zona rural no es ajena a esta realidad, los servicios básicos son deficientes y en algunos casos olvidados por las autoridades.

Las localidades de Culqui y Laureles y el Caserío de Culqui Alto se encuentran ubicadas en el distrito de Paimas, y en estos lugares el servicio de saneamiento es deficiente puesto que consta de tanque sépticos de muchos años de utilidad que por lo tanto su funcionamiento está lejos de ser el necesario para la población y también consta de letrinas con hoyo seco muchas hechas por los propios pobladores que movidos por la necesidad tratan así de cubrir sus necesidades.

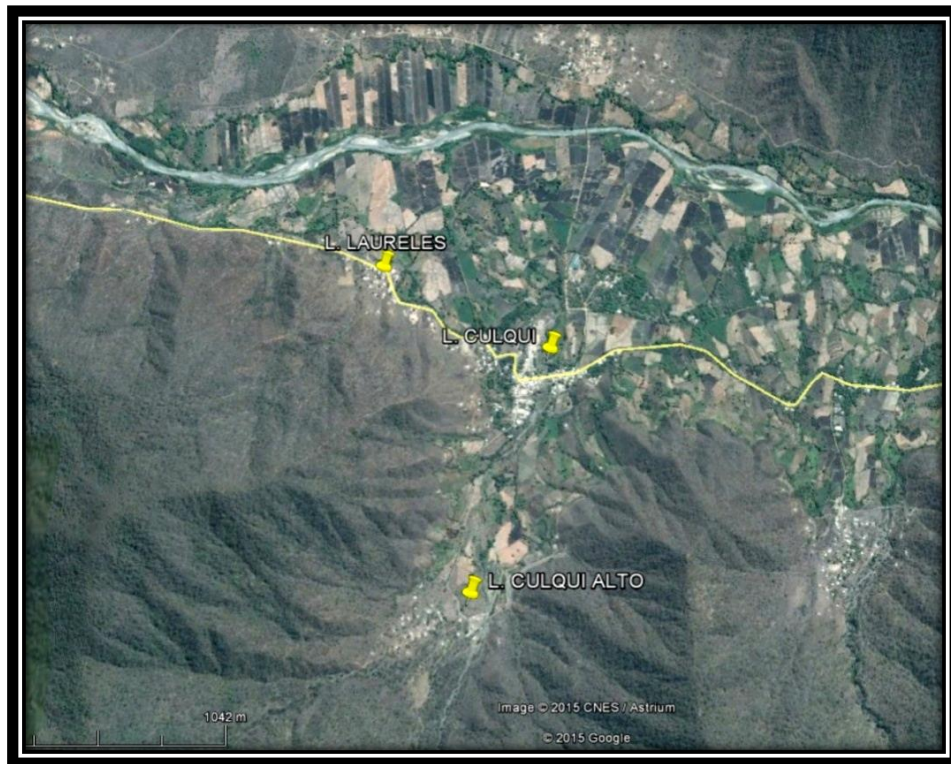
Este proyecto representa un avance más en el desarrollo socio-económico de esta población, ya que desde hace muchos años no han sido atendidos y es de suma importancia que las autoridades municipales de turno puedan brindarles el apoyo necesario para el desarrollo de estos caseríos donde aún los alcances en salud no son adecuados ya que muchos casos enfermarse y tratarse representa un alto costo en la economía de las familias de estos poblados.

## 1.2. DELIMITACION DEL PROYECTO

Las localidades de Culqui y Laureles y el Caserío de Culqui Alto se encuentran ubicadas en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura en la costa norte del Perú. A 134.4 Km. de distancia de la ciudad de Piura y 574 m.s.n.m. en el departamento de Piura.

**Cuadro 1.1. Localización del proyecto**

Localidad	Coordenadas UTM ( WGS 84 – zona 17)		
	Norte	Este	Cota
Culqui Alto	9 486 593	609 869	595.00
Culqui	9 487 795	610 371	502.00
Laureles	9 488 293	609 584	474.00



**Figura 1.1. Ubicación de las localidades de Culqui y Laureles y el caserío de Culqui Alto**

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, en el centro poblado de Culqui, laureles y el caserío de Culqui alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca - Piura para proveer una adecuada recolección de aguas residuales que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa nacional.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la actual situación de la evacuación de aguas residuales de los centros poblados.



- Definir los nuevos parámetros de población, período, dotación y caudales de diseño.
- Realizar el cálculo y diseño hidráulico de la red de alcantarillado sanitario.
- Proporcionar los planos, perfiles y especificaciones de los elementos que componen el sistema de alcantarillado sanitario, en base a normativas nacionales
- Aplicar software de licencia libre en el diseño de redes de alcantarillado sanitario.

#### **1.4. HIPOTESIS**

Brindar una propuesta adecuada de evacuación de agua residuales en el centro poblado de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui Alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca – Piura.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años uno de los mayores problemas es la contaminación del agua debido a la descarga de desechos domésticos directamente a los recursos hídricos sin previo tratamiento, siendo el crecimiento poblacional un índice que marcan el porcentaje de contaminación de los recursos hídricos de los pueblos.

El centro poblado de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui alto presenta esta problemática ya que sus aguas residuales urbanas son descargadas directamente sin previo tratamiento, ocasionando de esta forma problemas de salud a la población. Por lo que se hace necesario el diseño de un proyecto por medio del cual, se generen los procedimientos para la recolección, tratamiento adecuado de las aguas residuales.

Para poder impulsar el desarrollo, es necesario mejorar la calidad de los servicios con que actualmente cuenta, dentro de los requisitos que se buscan es la introducción

del servicio de alcantarillado sanitario, el cual traerá beneficios a la población tanto en su salud como en el aspecto general de la localidad.

Al conducir el agua residual a través de tuberías se evitará la infiltración de patógenos y contaminantes directamente al suelo que como consecuencia pueden dañar los mantos acuíferos.

## **II FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1. ALCANTARILLADO**

El término “alcantarillado” hace referencia a la recolección, tratamiento de residuos líquidos. El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales. (López Cualla , 2003, pág. 341)

#### **2.1.1. Descripción e importancia del alcantarillado**

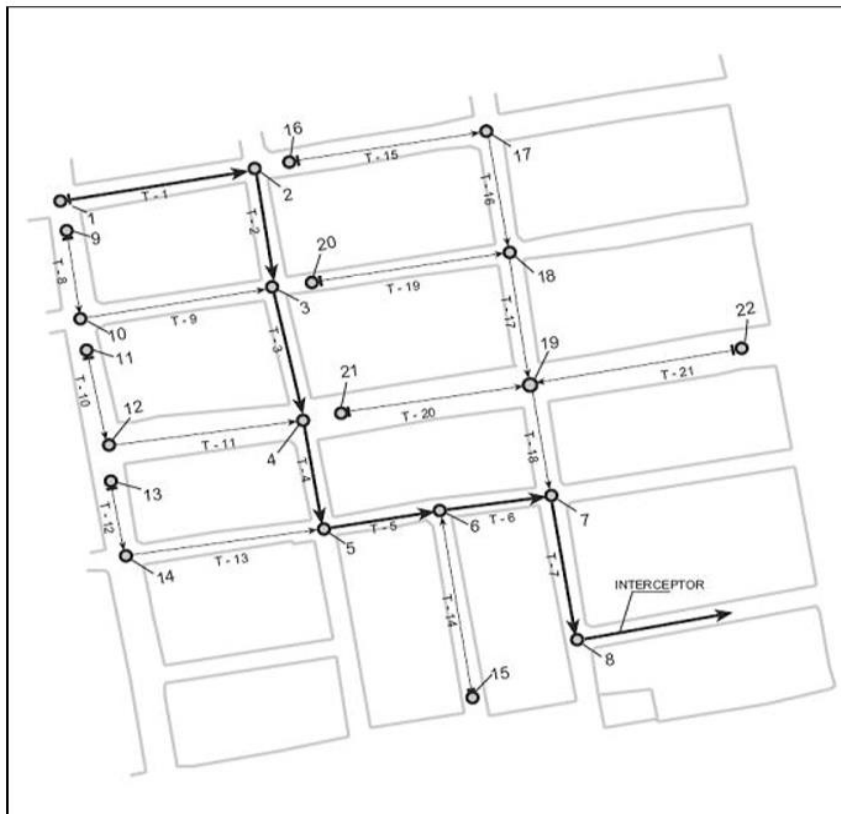
El alcantarillado, tiene como su principal función la conducción por transporte hidráulico de las aguas residuales que pueden ser conducidos de esta forma hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen o poblaciones cercanas.

Un sistema de alcantarillado está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Su objetivo es recolectar las aguas de desecho y transportarlas de forma segura y rápida a un lugar donde no afecte a la salubridad de su población.

#### **2.1.2. Sistemas de alcantarillados**

Los sistemas de alcantarillados pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. En general, los convencionales han sido ampliamente,

utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, necesaria debido en muchos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal; densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas. (CONAGUA, 2009, pág. 5)



**Figura. 2.1. Esquema de una red de alcantarillado convencional**

Los sistemas no convencionales son sistemas poco flexibles que requieren mayor definición y control de caudales, de un mantenimiento intensivo y, más importantes aún que la parte tecnológica, necesitan una cultura de la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que estos puedan tener. (CONAGUA, 2009, pág. 5)



### **2.1.2.1 Clasificación**

Los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican así, según el tipo de agua que conduzcan

a) Sistema de Alcantarillado Sanitario. - Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales. (López Cualla , 2003, pág. 342)

b) Sistema de Alcantarillado Pluvial. - Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias. (López Cualla , 2003, pág. 342)

c) Sistema de Alcantarillado Combinado. - Es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias. (López Cualla , 2003, pág. 342)

En este caso se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario, porque sólo se recolectarán aguas residuales.

### **2.1.2.2 Red de atarjeas**

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores e interceptores. La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

No es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo cuando se mantiene la pendiente de la tubería siendo caso contrario cuando la pendiente se incrementa podrá diseñarse un diámetro menor siempre cubriendo el gasto de diseño y los límites de velocidad. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

La red se inicia con la descarga domiciliaria, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro mínimo de la conexión será de 100mm, siendo éste el mínimo recomendable. La conexión entre la descarga domiciliaria y atarjea debe ser hermética y la tubería debe tener una pendiente mínima de 15 por mil. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

A continuación, se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de las descargas domiciliarias. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es la cámara

de inspección, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con la cámara de inspección deben ser herméticas.

(CONAGUA, 2009, pág. 8)

Las cámaras de inspección deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo, que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto. (CONAGUA, 2009, pág. 8)

### **2.1.2.3 Colectores**

Son las tuberías que tienen aportación de los colectores de los colectores y terminan en un emisor, en la planta de tratamiento o en un sistema de reúso. Por razones de economía, los colectores deben ser en lo posible una réplica subterránea del drenaje superficial natural. (CONAGUA, 2009, pág. 10)

### **2.1.2.4 Emisores**

Son el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las

aguas residuales a la planta de tratamiento o a un sistema de reúso.

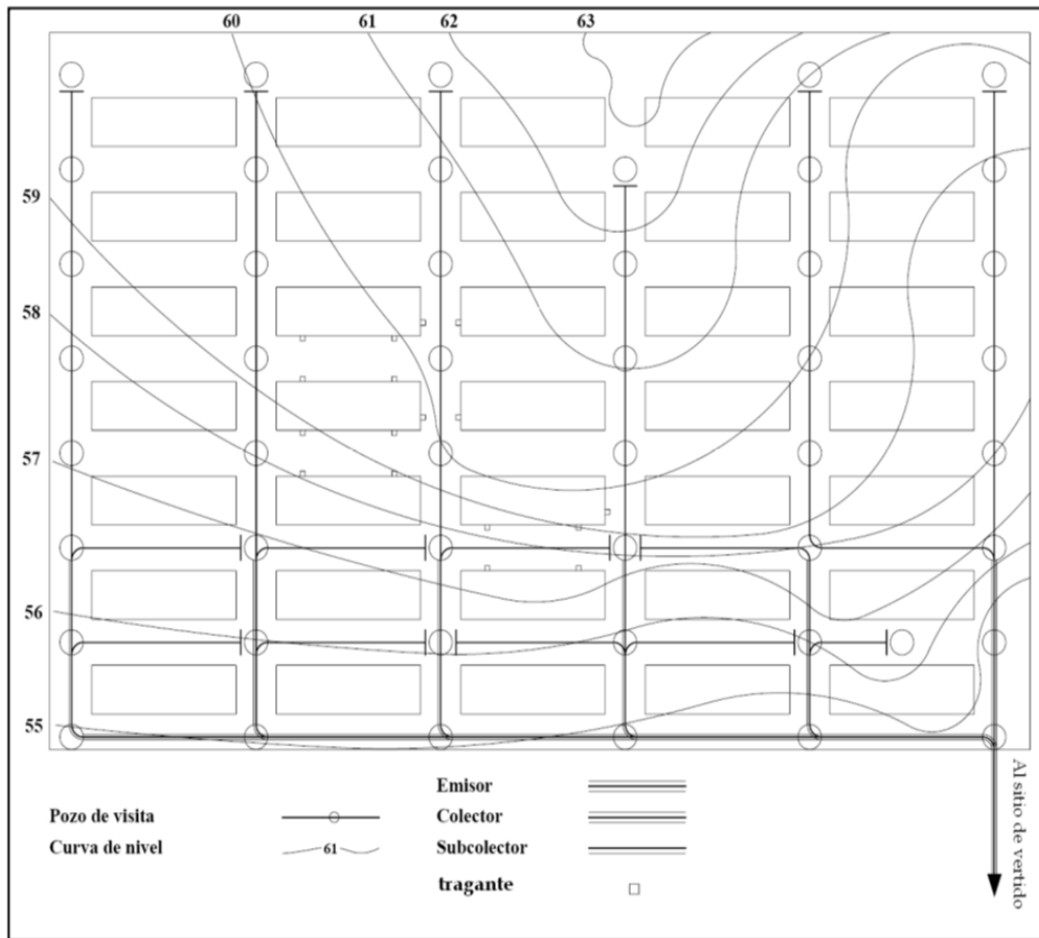
(CONAGUA, 2009, pág. 10)

También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en donde se requiere el bombeo para las siguientes condiciones:

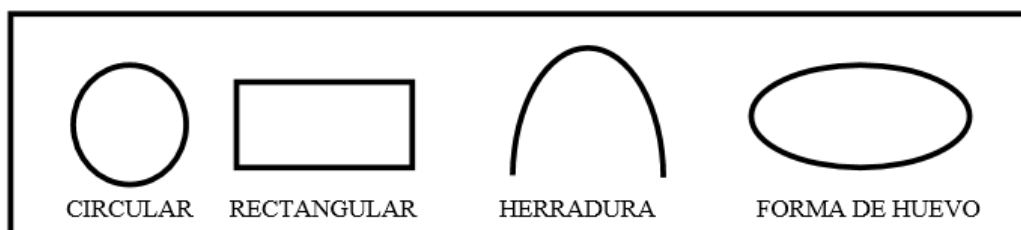
(CONAGUA, 2009, pág. 10)

- a) Elevar las aguas residuales de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- b) Conducir las aguas residuales de una cuenca a otra.
- c) Entregar las aguas residuales a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo a condiciones específicas que así lo requieran.

Las aguas residuales de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por ductos cerrados, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan. (CONAGUA, 2009, pág. 10)



**Figura 2.2. Trazo de una red de alcantarillado**



**Figura 2.3. Secciones típicas de conductos cerrados**

#### 2.1.2.5 Disposición Final

Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de alcantarillado. En la mayoría de los casos, las aguas

se vierten a una corriente natural que pueda conducir y degradar los contaminantes del agua. En este sentido, se cuenta con la tecnología y los conocimientos necesarios para determinar el grado en que una corriente puede degradar los contaminantes e incluso, se puede determinar el número, espaciamiento y magnitud de las descargas que es capaz de soportar. (CONAGUA, 2009, pág. 10)

La tendencia actual es tratar las aguas residuales y emplearlas como aguas tratadas o verterlas a las corrientes.

## **2.2. ALCANTARILLADO SANITARIO**

En el desarrollo de las localidades rurales, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía; la consecuencia a esto se presenta al momento del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales.

(CONAGUA, 2009, pág. 1)

Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas residuales que produce una población. (CONAGUA, 2009, pág. 1)

El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio. (CONAGUA, 2009, pág. 1)

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades

de una población. Estos desechos líquidos, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos disueltos y en suspensión. (CONAGUA, 2009, pág. 1)

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado sanitario, eficientes, seguros, económicos y durables, considerando que deben ser auto limpiantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos a la ex filtración e infiltración. (CONAGUA, 2009, pág. 1)

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado sanitario, se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. (CONAGUA, 2009, pág. 1)

### **2.2.1. Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario**

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos certificados, tales como de tuberías, conexiones y obras accesorias: descargas domiciliarias, cámara de inspección y estructuras de caída. (CONAGUA, 2009, pág. 12)

#### **2.2.1.1 Tubería**

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas residuales. (CONAGUA, 2009, pág. 12)

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo e instalación, flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación.

(CONAGUA, 2009, pág. 12)

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), plástico poli (cloruro de vinilo) (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como acero.

(CONAGUA, 2009, pág. 12)

#### **2.2.1.2 Obras accesorias**

Comúnmente usadas para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado son: (CONAGUA, 2009, pág. 42)

- a) Descarga domiciliaria
- b) Cámara de inspección
- c) Estructuras de caída

A continuación, se hace una descripción de sus características y funciones.

##### **a) Descarga Domiciliaria**



La descarga domiciliaria deberá tener los siguientes componentes: (RNE O.S 070 , 2009, pág. 73)

- El elemento de reunión constituido por una caja de registro.
- El elemento de conducción conformado por una tubería con una pendiente mínima de 15 por mil (acometida)
- El elemento de empalme o empotramiento constituido por un accesorio de empalme que permita libre descarga sobre la clave del tubo colector.

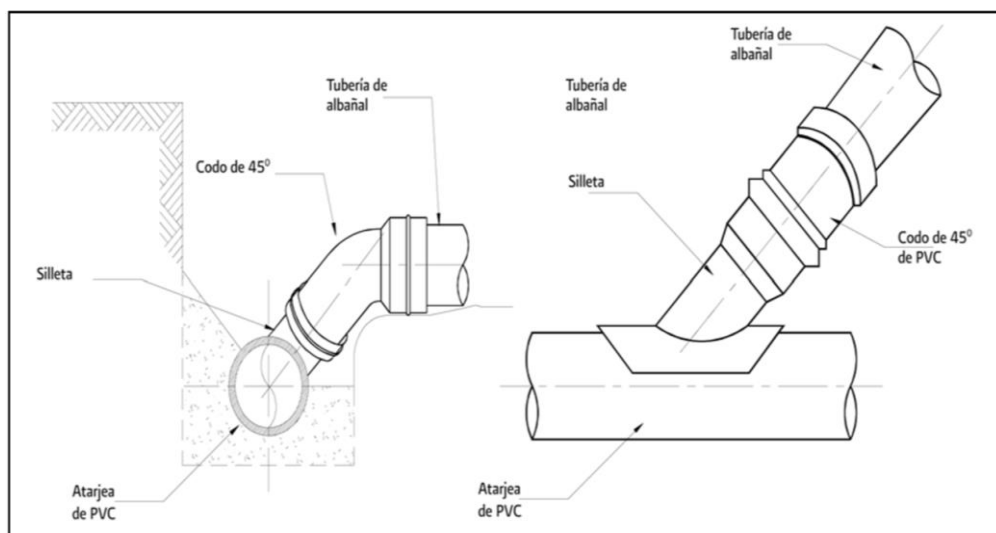
Se deberá ubicar a una distancia entre 1,20 a 2,00 m de la línea de propiedad, izquierda o derecha.

(RNE O.S 070 , 2009, pág. 73)

El diámetro mínimo de la conexión será 100 mm.

(RNE O.S 070 , 2009, pág. 43)

En este tipo de conexión, se utiliza una silleta de PVC a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector y un codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con anillo de hule. La silleta se acopla a la atarjea por cementación, o bien, se sujeta por medio de un par de abrazaderas o cinturones de material resistente a la corrosión en este segundo caso, la silleta está provista de un anillo de hule con el que se logra la hermeticidad con la atarjea. (CONAGUA, 2009, pág. 44)



**Figura 2.4. Descarga domiciliar con tubería de PVC**

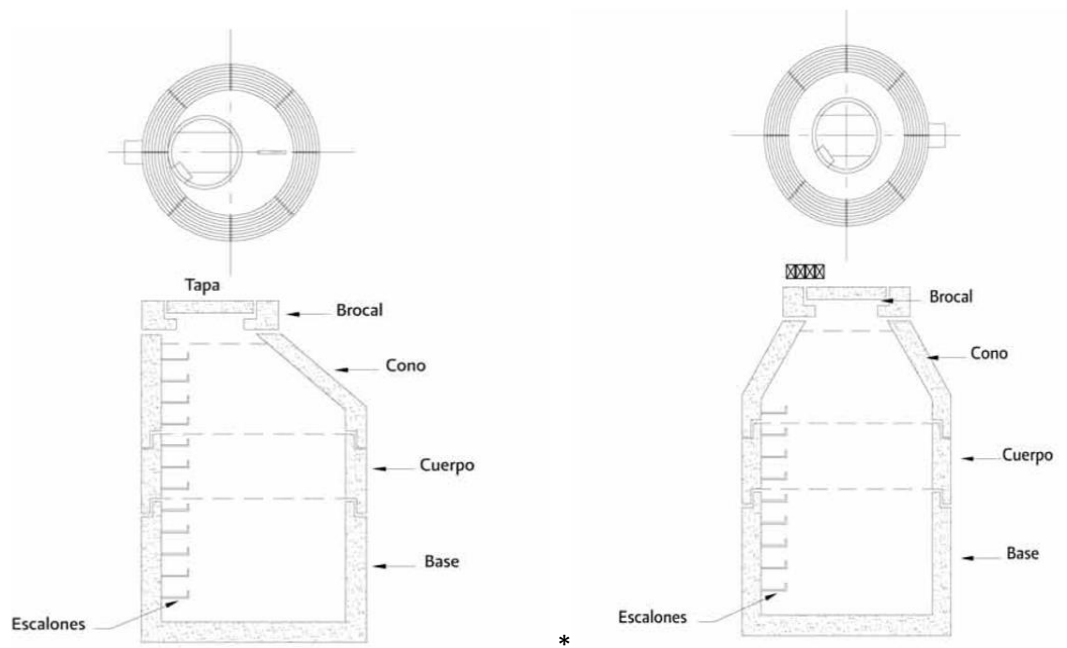
#### b) Cámara de Inspección

Las cámaras de inspección son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología) (CONAGUA, 2009, pág. 49)

Los componentes esenciales de los buzones pueden ser:

1. Base, que incluye campanas de entrada de tubería, espigas de salida de tubería, medias cañas, y banquetta
2. Cuerpo, el cual puede ser monolítico o contar con extensiones para alcanzar la profundidad deseada mediante escalones
3. Cono de acceso (concéntrico o excéntrico)

#### 4. Brocal



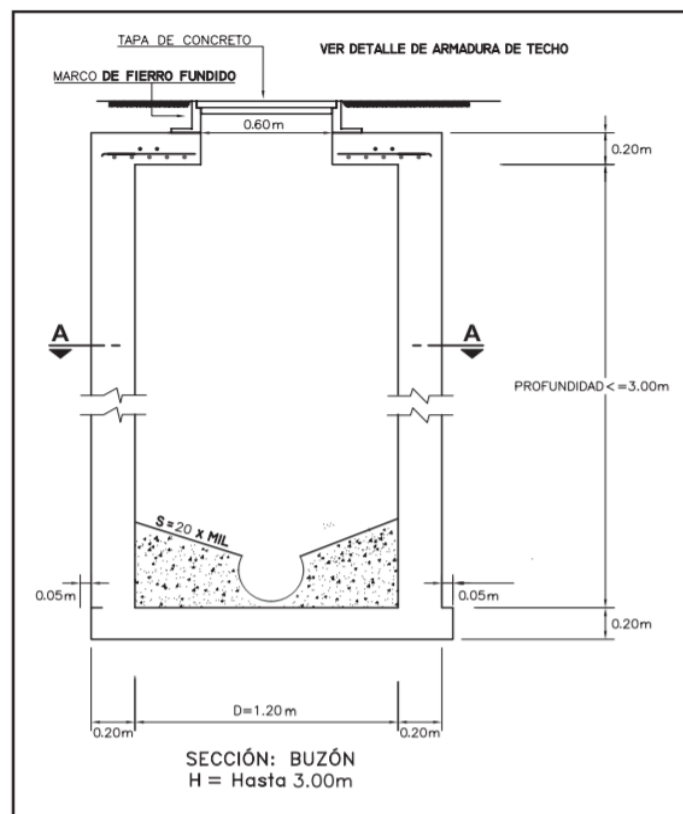
**Figura 2.5. Componentes de cámara de inspección. Figura izquierda con entrada excéntrica, Figura derecha con entrada concéntrica**

Las cámaras de inspección pueden ser prefabricados o construidos en sitio de la obra. (CONAGUA, 2009, pág. 49)

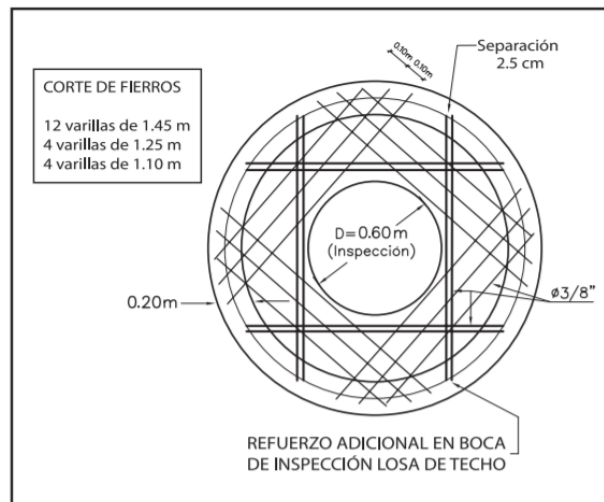
La resistencia mínima a la compresión de las secciones de bases, cilindros y losa de tapa debe ser de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . El espesor mínimo de las paredes debe ser de 12.5 cm. La abertura para el acceso debe tener un diámetro de 0.60 m. (OPS, 2006, pág. 58)

Las losas de tapa deben tener un espesor de 0.20 m, para los buzones de 1.20 m y de 1.50 m de diámetro interior. Las placas de base o pisos deben tener un espesor mínimo de 0.15 m, para buzones de 1.20 de diámetro interior y de 0.20 m, para buzones de 1.50 m. Las canaletas

pueden ser vaciadas monolíticamente o pueden hacerse como un vaciado secundario sobre una sección de base ya curada teniendo en cuenta las siguientes dimensiones mínimas: Una pendiente mínima de 2% desde la canaleta de la media caña hasta la pared interna del buzón y una profundidad mínima de la canaleta igual al diámetro interior del tubo. Cuando haya cambio de diámetro se respetará el diámetro de la tubería mayor. Las canaletas deben permitir un flujo positivo entre los tubos de entrada y salida. El diámetro mínimo de la canaleta debe ser igual al diámetro interno del tubo. (OPS, 2006, pág. 59)



**Figura 2.6. Corte de buzón tipo I (de 1.20m a 3.00m)**



**Figura 2.7. Armadura de techo de buzón tipo I**

#### c) Estructuras de caída

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel. (CONAGUA, 2009, pág. 48)

En las cámaras de inspección en que las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la altura de descarga o caída con respecto al fondo de la cámara sea mayor de 1m. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

### 2.2.2 Consideraciones generales de diseño

El diseño de la red de atarjeas debe adecuarse a la topografía de la localidad.

La conducción dentro de las tuberías deberá analizarse bajo un sistema a superficie libre y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno.

En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, se

emplearan las pendientes de diseño mínimas, que cumplan con las condiciones de tirante mínimo y máximo dentro de una tubería, así como las de velocidades máximas y mínimas en la conducción del flujo. (CONAGUA, 2009, pág. 64)

#### **2.2.2.1. Levantamiento Topográfico**

La información topográfica para la elaboración de proyectos incluirá:

- a) Plano de lotización del área de estudio con curvas de nivel cada 1 m, indicando la ubicación y detalles de los servicios existentes y/o cualquier referencia importante. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 70)
- b) Perfil longitudinal a nivel del eje del trazo de las tuberías principales y/o ramales colectores en todas las calles del área de estudio y en el eje de la vía donde técnicamente sea necesario. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 70)
- c) Se ubicará en cada habilitación un BM auxiliar como mínimo y dependiendo del tamaño de la habilitación se ubicarán dos o más, en puntos estratégicamente distribuidos para verificar las cotas de cajas de inspección y/o buzones a instalar. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 70)

#### **2.2.2.2. Ubicación y recubrimiento de tuberías**

- En las calles o avenidas de 20 m de ancho o menos se proyectará una sola tubería principal de preferencia en el eje de la vía vehicular. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)

- En avenidas de más de 20 m de ancho se proyectará una tubería principal a cada lado de la calzada. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)
- La distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente más cercano de la tubería principal debe ser como mínimo 1.5 m. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)
- La distancia mínima entre los planos verticales tangentes más próximos de una tubería principal de agua y una tubería principal de aguas residuales, instaladas paralelamente, será de 2 m, medido horizontalmente. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)
- La mínima distancia libre horizontal medida entre ramales distribuidores y ramales colectores, entre ramal distribuidor y tubería principal de agua o alcantarillado, entre ramal colector y tubería principal de agua o alcantarillado, ubicados paralelamente, será de 0.20 m. Dicha distancia debe medirse entre los planos tangentes más próximos de las tuberías. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)
- El ramal colector de aguas residuales debe ubicarse en las veredas y paralelo frente al lote. El eje de dichos ramales se ubicará de preferencia sobre el eje de vereda, o en su defecto, a una distancia de 0,50 m a partir del límite de propiedad. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)
- El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1.0 m en las vías vehiculares y de 0.30 m en las vías peatonales y/o en zonas rocosas, debiéndose verificar para cualquier profundidad

adoptada, la deformación (deflexión) de la tubería generada por cargas externas. Para toda profundidad de enterramiento de tubería el proyectista planteará y sustentará técnicamente la protección empleada. Excepcionalmente el recubrimiento mínimo medido a partir de la clave del tubo será de 0.20 m. cuando se utilicen ramales colectores y el tipo de suelo sea rocoso. Si existiera desnivel en el trazo de un ramal colector de alcantarillado, se implementará la solución adecuada a través de una caja de inspección, no se podrá utilizar curvas para este fin, en todos los casos la solución a aplicar contará con la protección conveniente. El proyectista planteará y sustentará técnicamente la solución empleada. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 71)

- En todos los casos, el proyectista tiene libertad para ubicar las tuberías principales, los ramales colectores de alcantarillado y los elementos que forman parte de la conexión domiciliaria de agua potable y alcantarillado, de forma conveniente, respetando los rangos establecidos y adecuándose a las condiciones del terreno; el mismo criterio se aplica a las protecciones que considere implementar. Los casos en que la ubicación de tuberías no respete los rangos y valores mínimos establecidos, deberán ser debidamente sustentados. En las vías peatonales, pueden reducirse las distancias entre las tuberías y entre éstas y el límite de propiedad, así como, los recubrimientos siempre y cuando: (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)



- a) Se diseñe protección especial a las tuberías para evitar su fisuramiento o rotura.
- b) Si las vías peatonales presentan elementos (bancas, jardineras, etc.) que impidan el paso de vehículos.
- En caso de posibles interferencias con otros servicios públicos, se deberá coordinar con las entidades afectadas con el fin de diseñar con ellas, la protección adecuada. La solución que adopte debe contar con la aprobación de la entidad respectiva.  
(RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)
- Las tuberías principales y los ramales colectores se proyectarán en tramos rectos entre buzones. En casos excepcionales debidamente sustentados, se podrá utilizar una curva en un ramal colector, con la finalidad de garantizar la profundidad mínima de enterramiento. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

#### **2.2.2.3. Cámaras de inspección**

Las cámaras de Inspección que se usarán en el presente diseño serán los buzones.

Los buzones se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave de la tubería. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para las tuberías de hasta 1,200 mm. Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de

diseño especial. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

Los buzones se proyectarán en todos los lugares donde sea necesario por razones de inspección, limpieza y en los siguientes casos:

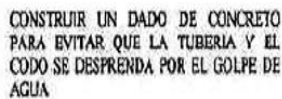
- a) En el inicio de todo colector.
- b) En todos los empalmes de colectores.
- c) En los cambios de dirección.
- d) En los cambios de pendiente.
- e) En los cambios de diámetro.
- f) En los cambios de material de las tuberías.

En los cambios de diámetro, debido a variaciones de pendiente o aumento de caudal, los buzones se diseñarán de manera tal que las tuberías coincidan en la clave, cuando el cambio sea de menor a mayor diámetro y en el fondo cuando el cambio sea de mayor a menor diámetro. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

Para tuberías principales de diámetro menor de 400 mm; si el diámetro inmediato aguas abajo, por mayor pendiente puede conducir un mismo caudal en menor diámetro, no se usará este menor diámetro; debiendo emplearse el mismo del tramo aguas arriba. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)

En las cámaras de inspección en que las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la altura

m. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 72)



**Figura 2.8. Dispositivo de caída dentro del buzón**

está limitada por el alcance de los equipos de limpieza. La separación máxima depende del diámetro de las tuberías. Para el caso de las tuberías

principales la separación será de acuerdo a la siguiente tabla: (RNE O.S 070 , 2009, pág. 73)

**Cuadro 2.1. Distancia máxima entre buzones**

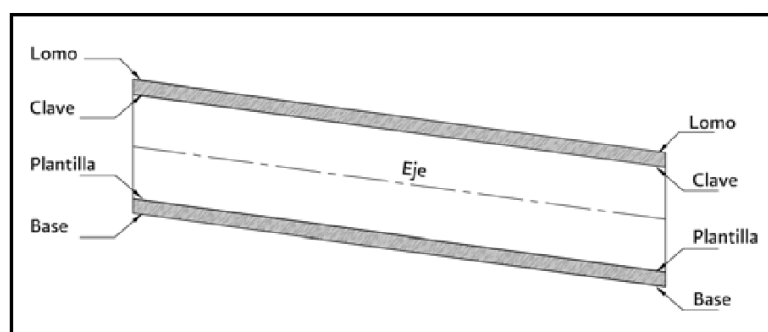
DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
100-150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Las cámaras de inspección podrán ser prefabricadas o construidas en obra.

En el fondo se proyectarán canaletas en la dirección del flujo.

#### **2.2.2.4. Conexiones de tuberías en cámara de inspección**

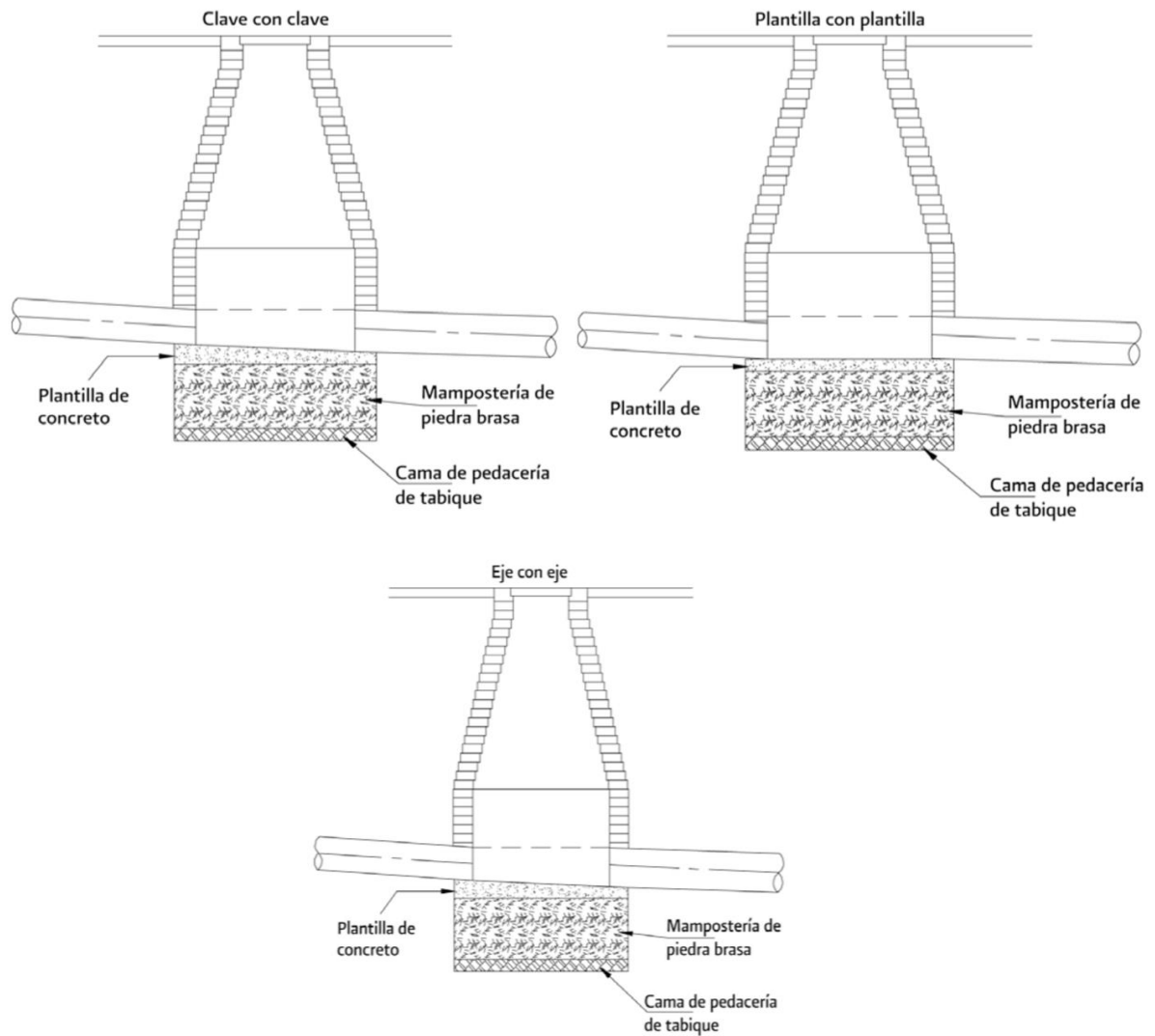
Debido a los cambios de diámetro que existen en una red de tuberías, resulta conveniente definir la forma correcta de conectar las tuberías en los pozos de visita. (CONAGUA, 2009, pág. 73)



**Figura. 2.9. Elementos de tubería**

Desde el punto de vista hidráulico se recomienda que las conexiones, se igualen en los niveles de claves. Con este tipo de conexión, se evita el efecto del remanso aguas arriba. Atendiendo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías, haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 73)

Además, para facilitar los trabajos de inspección y mantenimiento se han establecido separaciones máximas entre los pozos de visita. Desde el punto de vista hidráulico es conveniente que en las conexiones se igualen los niveles de las claves de los conductos por unir. Asimismo, se recomienda que las conexiones a ejes y plantillas se utilicen únicamente cuando sea indispensable. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 73)



**Figura. 2.10. Conexiones tuberías-cámara de inspección**

#### **a) Canaletas media caña**

En el fondo de las cámaras de inspección, se deberá diseñar media caña en dirección del flujo, y una pendiente del 2% entre el borde de la media caña y las paredes laterales de la cámara. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 42)

### **b) Control de remanso**

Para evitar la formación de remansos, el fondo de la cámara de inspección deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella.

(OPS/CEPIS, 2005, pág. 42)

### **2.2.3. Metodología de diseño de la red de alcantarillado sanitario**

Para la elaboración de un proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales es aconsejable disponer estudios previos a su diseño, que permitan caracterizar la región desde el punto de vista físico y socioeconómico, conocer los sistemas existentes de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico, considerar los planes de desarrollo urbano y ordenamiento territorial, se necesita conocimientos de normas que se exigen en cada región determinada, contar con planos topográficos del lugar, conocer las características sociales, económicas y culturales de la población, así como conocer las características de los suelos, quebradas y ríos del sitio. Esto debe contribuir a seleccionar la alternativa más adecuada y factible, técnica, económica, financiera y de menor impacto ambiental.

(OPS/CEPIS, 2005, pág. 6)

El primer paso consiste en realizar la planeación general del proyecto y definir las mejores rutas de trazo de los colectores, interceptores y emisores, considerando la conveniencia técnico - económica de contar con uno o varios

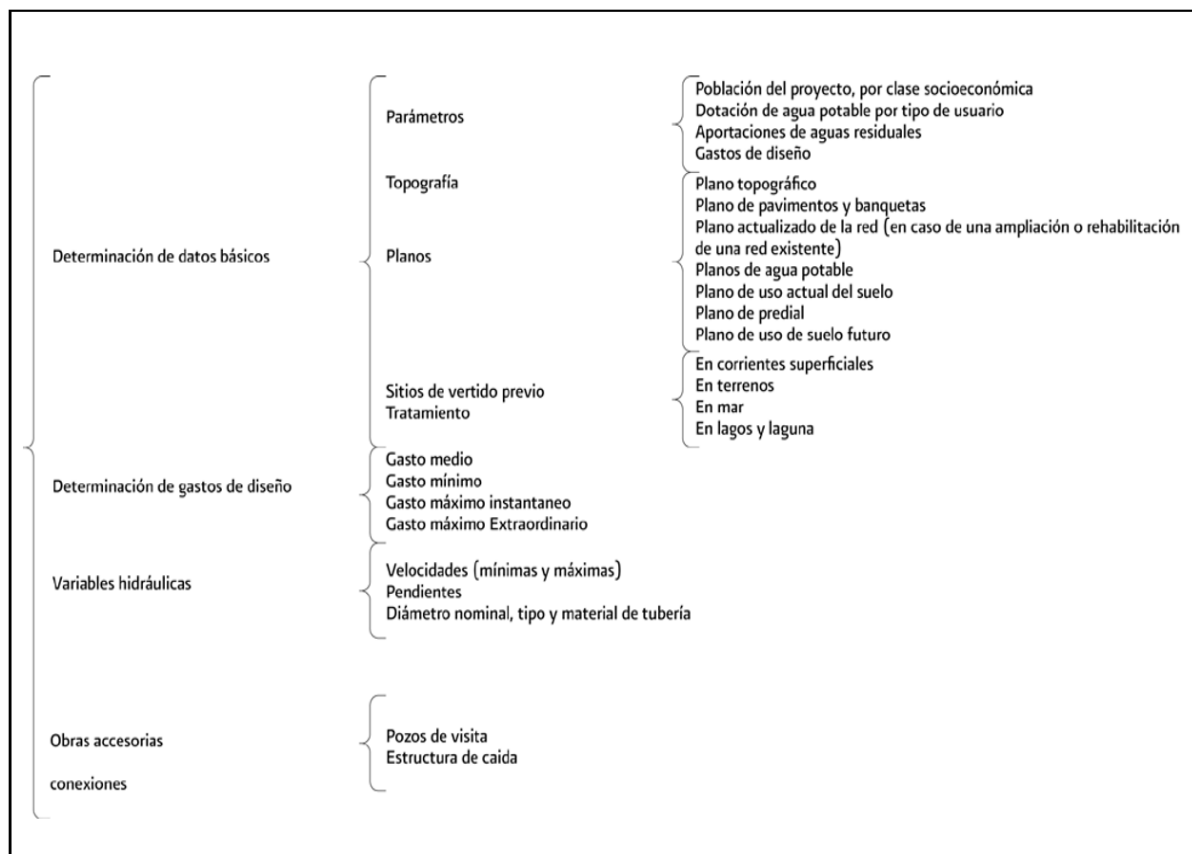
sitios de vertido previo tratamiento, con sus correspondientes plantas de tratamiento, siendo lo más recomendable el tener un solo sitio de vertido previo tratamiento; es aconsejable realizar estos trabajos en planos escala 1: 10,000. (CONAGUA, 2009, pág. 77)

Con base en los ingresos y egresos incrementales producto de la realización de cada una de las alternativas de proyecto, deberá evaluar se el nivel de rentabilidad de cada una de ellas, seleccionando la alternativa que resulte técnica y económicamente más rentable. (CONAGUA, 2009, pág. 77)

La circulación del agua en la red de atarjeas, colectores e interceptores debe ser por gravedad, sin presión. (CONAGUA, 2009, pág. 77)

En esta etapa del proyecto es necesario calcular de forma general los gastos de proyecto de la red de alcantarillado, y contar con una visión general del drenaje natural que tiene el área de proyecto basándose en el plano topográfico. (CONAGUA, 2009, pág. 77)





**Cuadro 2.2. Variables requeridas para cálculo hidráulico**

## 1.- Período de diseño

El período de diseño permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo. Si el período de un proyecto es corto, inicialmente el sistema requerirá una inversión menor, pero luego exigirá inversiones sucesivas de acuerdo con el crecimiento de la población. Por otro lado, la ejecución de un proyecto con un período de diseño mayor requerirá mayor inversión inicial, pero luego no necesitará de nuevas inversiones por un buen tiempo. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 17)

Los factores que intervienen en la selección del periodo de diseño son:

- a) Vida útil de la estructuras y equipos tomados en cuenta, obsolescencia, desgaste y daños
- b) Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto
- c) Cambios en el desarrollo social y económico de la población
- d) Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando con toda su capacidad.

Además, con periodos de diseño largos, el flujo en las alcantarillas estará por muchos años debajo del caudal de diseño, por lo cual las velocidades serán menores a las previstas y el desempeño del sistema será menor al esperado. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 17)

En proyectos de alcantarillado en el medio rural se recomienda asumir periodos de diseño relativamente cortos, del orden de 20 años, considerando la construcción por etapas, con el fin que se reduzca al mínimo y se puedan ajustar los posibles errores en las estimaciones de crecimiento de población y su consumo de agua.  
(OPS/CEPIS, 2005, pág. 17)

## **2.- Población de diseño**

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad depende de la población beneficiada y de su distribución

espacial. Los tipos de población que normalmente se toman en cuenta son: (OPS/CEPIS, 2005, pág. 17)

- Población actual, es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- Población al fin del proyecto, es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período del proyecto.

Para estimar estas poblaciones, serán necesarios, por lo menos, los dos estudios que se explican a continuación. Los resultados de ambos deberán evaluarse y definir la opción más probable.

(OPS/CEPIS, 2005, pág. 17)

El primer estudio pondrá énfasis en la población futura, resultante de la ocupación total del área de acuerdo al plan maestro de desarrollo urbano o plan regulador de uso de suelo establecido por el municipio. El resultado será la población de saturación, producto del número de viviendas por la densidad de ocupación prevista; pero sin referencia temporal. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 18)

El segundo estudio se relaciona con el crecimiento de la población en función del tiempo, a partir de la población verificada al inicio mediante datos censales en el área de proyecto y tasas de crecimiento anual, sin considerar las limitaciones del plan regulador. El proyectista deberá tener cierta precaución en utilizar la tasa promedio más representativa del crecimiento de la población en base a datos censales

otorgadas por el organismo oficial que regula estos indicadores.

(OPS/CEPIS, 2005, pág. 18)

### **3.- Dotación**

La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

(RNE O.S. 100 , 2009, pág. 114)

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 I/hab/d, en clima frío y de 220 I/hab/d en clima templado y cálido.

(RNE O.S. 100 , 2009, pág. 114)

Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán de 120 I/hab/d en clima frío y de 150 I/hab/d en clima templado y cálido. (RNE O.S. 100 , 2009, pág. 114)

Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 I/hab/d respectivamente. Para habitaciones de tipo industrial, deberá determinarse de acuerdo al uso en el proceso industrial, debidamente sustentado. (RNE O.S. 100 , 2009, pág. 114)

#### **4.- Caudales de aguas residuales**

Para determinar el caudal de aguas residuales que se utilizará en el diseño de los sistemas de alcantarillado, se debe considerar los siguientes factores:

##### **4.1. Factor de retorno (C)**

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos. El porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado, depende de diversos factores, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua, y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas de la población. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 20)

El caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal de agua potable consumida. (RNE O.S 070 , 2009, pág. 70)

##### **4.2. Caudales concentrados (Qc)**

Son contribuciones debido a instalaciones no habitacionales que presentan un consumo bastante superior al doméstico, son caudales sobre todo correspondientes a descargas de industrias

pequeñas o de establecimientos comerciales.

(OPS/CEPIS, 2005, pág. 21)

#### 4.3. Coeficiente de variaciones de consumo

En los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes: -

k1, coeficiente de caudal máximo diario	1.3
k2, coeficiente de caudal máximo horario	1.8 – 2.5

#### 4.4. Caudal de diseño

Los caudales que discurrirán a través de las redes de alcantarilla para el inicio y fin del proyecto se calculan de la siguiente manera:

- Caudal medio

$$Q_{med} = \frac{C \times P \times Dot}{86400}$$

Donde:

Q = Caudal medio.

C = Coeficiente de retorno (0.80)

P= Población para el alcance del proyecto.

Dot = Consumo promedio de agua, en litros por persona por día

- Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_{med}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario

$K_2$  = Coeficiente de flujo máximo

- Caudal de diseño

El dimensionamiento de los conductos deberá atender los máximos caudales de descarga según la siguiente expresión:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_c$$

Donde:

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario.

$Q_c$  = Caudal concentrado en un punto de las redes

- Caudal por tramos en la red

Para el cálculo del caudal en cada tramo de la red, se debe tomar el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ), luego dividirla por el tamaño total de la red, obteniendo el caudal unitario ( $Q_u$ ), en L/(s.km) de red:

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{L}$$

Donde:

$Q_u$  = caudal unitario

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario

$L$  = tamaño de la red.

Para el cálculo de la contribución de desagües en un tramo, basta multiplicar el tamaño de la red aguas arriba, incluyendo el tramo en cálculo, por el caudal unitario | sumando a continuación los caudales concentrados que han sido descargados en la red:

$$Q = (Q_u)L_m + Q_c$$

Donde:

$Q_u$  = caudal unitario

$Q_c$  = Caudal concentrado en un punto de las redes



$L_m$ =tamaño de la red aguas arriba, que incluye el tramo en calculo

Existe otro método para el cálculo de caudales en cada tramo de la red, en el cual los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función a su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las Figuras geométricas que el trazado conforma, la unidad de medida será la hectárea (Ha).

El caudal de diseño será el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/Ha) por su área correspondiente. El tramo podrá recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada.

## **5.-Formulas para el diseño**

Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado será uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se pueden emplear las siguientes ecuaciones:

a) Fórmula de Ganguillet – Kutter

El cálculo de la velocidad es mediante la ecuación de Chezy:

$$V = C \sqrt{R S}$$

El valor del coeficiente de descarga de C de Chezy, de acuerdo a Ganguillet – Kutter es:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S}) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

C = Coeficiente de descarga de Chezy.

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad

b) Fórmula de Manning

Tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional).

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente (m/m).

Para tuberías con sección llena:

Velocidad:  $V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

Continuidad:  $Q = V \times A$

Caudal:  $Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

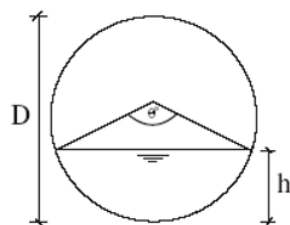
Para tuberías con sección parcialmente llena:

El grado central  $\theta$  en grado sexagesimal

$$D = 2 \operatorname{arc} \cos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta}\right)$$



**Figura. 2.11. Tubería sección parcialmente llena**

$$\text{Velocidad: } V = \frac{1}{n} * \left[ \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{180 \sin \alpha}{\alpha \pi} \right) \right]^{2/3} * S^{1/2}$$

Caudal:

$$Q = \frac{1}{n} \left[ \frac{D^2}{8} \left( \frac{\alpha \pi}{180} - \sin \alpha \right) \right] * \left[ \frac{D}{8} \left( \frac{\alpha \pi}{180} - \sin \alpha \right) \right]^{2/3} * S^{1/2}$$

En todos los tramos de la red deben calcularse los caudales inicial y final (Qi y Qf). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1.5 l/s.

## 6.- Coeficiente de rugosidad

Para coeficientes de Manning diferentes de 0.013, los valores de Tensión Tractiva Media y pendiente mínima a adoptar deben ser justificados. La expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la Fórmula de Manning. Las tuberías y accesorios a utilizar deberán cumplir con las normas técnicas peruanas vigentes y aprobadas por el ente respectivo.

Por tanto, teniendo en cuenta el grado de incertidumbre inherente al proyecto y construcción de alcantarillas, el valor de n a adoptar para el diseño de todos los sistemas de alcantarillado no debe de ser inferior de 0,013.

## 7.- Flujo mínimo en las redes

Los cálculos de diseño de alcantarillas convencionales asumen condiciones de estado constante. En la práctica los flujos en los tramos

iniciales de las redes de alcantarillado son muy variables, dependiendo en cualquier momento, de la cantidad de ramales que descargan y los sanitarios que son evacuados.

De lejos, los flujos máximos ocurren ante la descarga de los inodoros sanitarios, los cuales se extienden como ondas a través de las redes, siendo amortiguados por la fricción en las paredes internas de los colectores y por su paso por las cámaras de inspección, a mayor recorrido por las redes el amortiguamiento es mayor.

Es recomendable emplear un “flujo mínimo” en el diseño de alcantarillas, especialmente en las que se encuentran en los tramos iniciales de la red o donde no se disponga información para los cálculos.

El flujo pico mínimo aplicado en el diseño de alcantarillas, representa el flujo pico que resulta de la descarga de un inodoro sanitario. Si el flujo pico en el tramo del colector en consideración es menor que  $q_{min}$ , entonces este último se utiliza en el diseño.

De acuerdo a la experiencia, el flujo pico mínimo se fija en 1,5 l/s

## **8.- Criterios de velocidad**

### **a) Determinación de la velocidad mínima**

La práctica normal es proyectar el alcantarillado con una pendiente que asegure una velocidad mínima de 0,60 m/s, cuando el

flujo de diseño se produce a sección llena (75% del diámetro de la tubería) o semillena (50% del diámetro de la tubería). En el primer caso, cuando el tirante sea menor al máximo (75% D), las velocidades serán menores de 0,60 m/s. En el segundo caso, cuando el tirante es menor a la mitad del diámetro de la tubería, la velocidad será menor de 0,60 m/s, mientras que, para tirantes mayores a la mitad del diámetro, la velocidad estará ligeramente superior de 0,60 m/s.

Macedo (1962), en base a la experiencia Brasileña, comentaba que “obedeciendo el límite mínimo de velocidad de 0,15 m/s en las horas de mínimo consumo, la auto limpieza estará garantizada si durante la ocurrencia del caudal máximo, ocurre por lo menos una velocidad de 0,6 m/s, simultáneamente con el tirante mojado mínimo necesario. En estas condiciones se removerán los sedimentos dejados por los caudales mínimos”.

#### b) Determinación de la velocidad máxima

Como se mencionó anteriormente, la acción erosiva sobre la tubería es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales.

Considerando los valores máximos de velocidad hay dos condiciones que observar

1. De los resultados de una amplia investigación hecha en Holanda se desprende que una velocidad de flujo entre 4,0 y 5,0 m/s causa menos erosión que las velocidades entre 2,5 y 4,0 m/s.

2. Se debe evitar la mezcla de aguas residuales y aire, limitando velocidades más de 5 m/s.

Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final  $V_f = 5$  m/s.

## **9.- Tirante de Agua**

El alcantarillado convencional usualmente se calcula para transportar el caudal de diseño, con una altura de flujo del 75% del diámetro de la tubería, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión. Este criterio de diseño no especifica un valor de nivel de agua mínimo en la alcantarilla.

## **10.- Criterio de la tensión tractiva**

Se considera que este método es el más práctico para calcular alcantarillas que tiene en cuenta la configuración y la sección mojada del conducto. Su aplicación permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros, principalmente, en zonas de topografía plana, donde la aplicación del criterio de velocidad mínima arroja resultados menos ventajosos en términos de diámetro, pendiente y profundidad de tuberías.

a) Tensión tractiva

La tensión tractiva o fuerza de arrastre ( $\tau$ ), es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado.

En la masa de aguas residuales de un tramo de colector de longitud  $L$ , con área de sección transversal  $A$  y perímetro mojado  $P$ , la tracción tractiva estará dada por el componente del peso ( $W$ ) en dirección del flujo dividido por el área mojada

$$\tau = \frac{W \sin \varphi}{PL}$$

Donde:

$\tau$  = Tensión tractiva (N/m<sup>2</sup>, Pa)

$P$  = Perímetro mojado (m).

$L$  = Longitud (m)

$W$  = Peso (Newtons)

El peso ( $W$ ) está dado por:

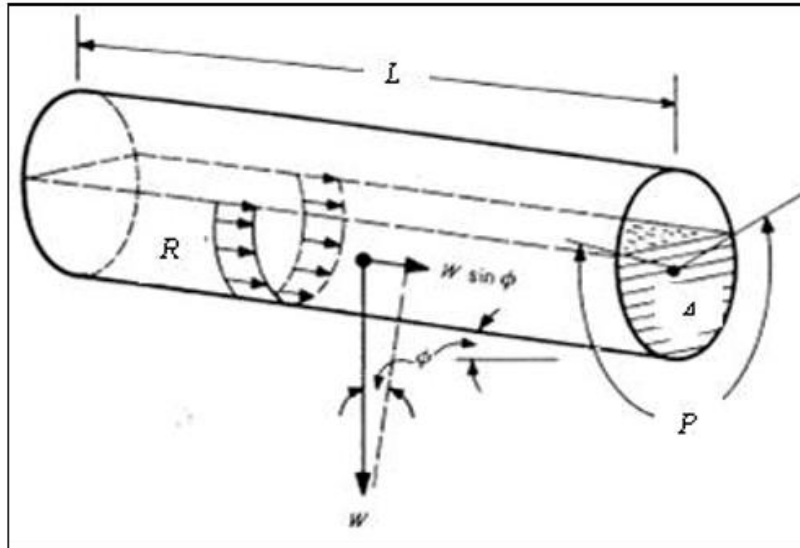
$$W = \rho g A L$$

Donde:

$\rho$  = Densidad de aguas residuales (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).





**Figura 2.12. Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular**

Pendiente para tuberías con sección llena:

$$S = \frac{\tau}{\rho g \frac{D}{4}}$$

Pendiente para tuberías parcialmente llenas:

$$S = \frac{\tau}{\rho g \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi}\right)}$$

#### b) Tensión tractiva mínima

La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado deberá tener como valor mínimo:  $\tau_{\min} = 1 \text{ Pa}$

En los tramos iniciales de los colectores (arranque), en los cuales se presentan bajos caudales promedio tanto al inicio como al fin del periodo de diseño, se recomienda calcular la pendiente con una tensión

tractiva de 1 Pa, y posteriormente, su verificación con caudales de aporte reales, no deberá ser menor a 0,6 Pa.

## 11.- Pendientes de alcantarilla

### a) Pendiente mínima

Las pendientes de las tuberías deben cumplir la condición de auto limpieza aplicando el criterio de tensión tractiva. Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media ( $\sigma_t$ ) con un valor mínimo  $\sigma_t = 1.0$  Pa, calculada para el caudal inicial ( $Q_i$ ), valor correspondiente para un coeficiente de Manning  $n = 0.013$ . La pendiente mínima que satisface esta condición puede ser determinada por la siguiente expresión aproximada:

$$S_{min} = 0.0055 Q_i^{-0.47}$$

Donde:

$S_{min}$  = m/m

$Q_i$  = caudal inicial l/s

Para coeficientes de Manning diferentes de 0.013, los valores de Tensión Tractiva Media y pendiente mínima a adoptar deben ser justificados. La expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la

Fórmula de Manning. Las tuberías y accesorios a utilizar deberán cumplir con las normas técnicas peruanas vigentes y aprobadas por el ente respectivo.

b) Pendiente máxima admisible

La máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final  $V_f = 5 \text{ m/s}$ ; las situaciones especiales serán sustentadas por el proyectista.

## **12.- Diámetro mínimo de colectores**

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de los colectores será 200 mm (8”), tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial.

### III EVALUACION Y RESULTADOS

#### 3.1. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

##### 3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El área de investigación se encuentra ubicada en la Región Piura, que se encuentra ubicada en la zona Nor Occidental del Perú.

La región posee ecosistemas de costa de costa, sierra y selva alta, su densidad poblacional (Háb/Km<sup>2</sup>) de 50.1 y cuenta con 8 provincias y 63 distritos; sus ciudades más importantes son: Ayabaca, Huancabamba, Morropón, Piura, Paita, Sechura, Sullana y Talara.

**Figura 3.1."Distribución de la provincia de Ayabaca por distritos"**



El Distrito de Paimas posee una extensión territorial de 319.7 km<sup>2</sup>. La capital es Paimas, se encuentra a una altura de: 550 m.s.n.m, tiene las siguientes coordenadas geográficas:

***Latitud: 4° 37'29"***

***Longitud: 79° 40' 46"***

Las localidades de Culqui y Laureles y el Caserío de Culqui Alto se encuentran ubicadas en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura en la costa norte del Perú. A 134.4 Km. de distancia de la ciudad de Piura y 574 m.s.n.m. en el departamento de Piura.

Coordenadas UTM ( WGS 84 – zona 17)

Culqui Alto : 9 486 593 N 609 869 E

Culqui: 9 487 795 N 610 371 E

Laureles : 9 488 293 N 609584 E

### **3.1.2. POBLACION BENEFICIARIA**

La población para este proyecto constituye fundamentalmente los habitantes de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto, que son los usuarios directos del servicio de agua potable y según información del padrón beneficiario (ANEXO I) se cuenta 203 habitantes en la localidad de Culqui Alto y 861 habitantes en Culqui y 242 habitantes en Laureles.

### **3.1.3. USO Y OCUPACIÓN DEL TERRITORIO**

Las tierras de las localidades de Culqui y laureles y del caserío Culqui alto son utilizadas mayoritariamente en actividades de agricultura y ganadería. la distribución de las viviendas es de manera dispersa.

### 3.1.4 VÍA DE ACCESO

Para acceder a las localidades de Culqui y laureles y al caserío de Culqui alto tomamos la ruta asfaltada Piura – Paimas y de ahí partimos a cada uno de los puntos de la zona de estudio. duración de viaje aproximado 2 horas y 20 min en camioneta 4x4, partiendo desde Piura hasta cada uno de los centros poblados.

**Cuadro 3.1. Vías de acceso a las localidades de Culqui y Laureles y el caserío de Culqui alto**

Recorrido	Distancia (km)	Tiempo	Tipo de Carretera
Piura – Laureles - Culqui	159	2h 15'	Carretera Asfaltada
Laureles - Culqui – Paimas	15	05'	Carretera Asfaltada
Culqui – Culqui Alto	5	05'	Trocha Carrozable

### **3.1.5. TOPOGRAFIA**

La topografía de la zona es muy variable, en algunas zonas presenta pendientes entre 0.5% al 20%. Presenta una planicie, se aprecia también una zona rodeada por pequeños cerros y pendiente peligrosas, con tendencia a un regular drenaje natural hacia las micro cuencas y zonas bajas del Valle Quiroz.

### **3.1.6. HIDROGRAFÍA**

La red hidrográfica de la localidad de Culqui está conformada por el río Quiroz, que aporta directamente sus aguas al río Chira.

### **3.1.7. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS**

La zona de estudio, se presentan arcillas limosas, areniscas con inclusiones arcillo limosas, limos orgánicos, fragmentos de rocas dispersas y estratos rocosos que conforman la base de las formaciones geológicas del lugar; acompañadas de un considerable contenido de humedad natural debido a la climatología de la zona.

Sin embargo, de acuerdo a la geodinámica interna y externa y climatología del lugar se pudieran dar otros tipos de fenómenos tales como: la erosión, deslizamientos, agrietamientos y derrumbes dentro del área de influencia de los componentes a proyectar. Razón por lo cual se tendrían que realizar los mejoramientos de terreno a nivel de subrasante con material granular según corresponda.

### **3.1.8. ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

La base de la economía en los centros poblados de Culqui y laureles y en el caserío de Culqui alto, es la actividad agropecuaria. A esta actividad se dedica el 100% de la población y su principal fuente de ingresos, sin embargo, tanto los niveles de producción como de productividad son bajos por diversos factores, que limitan e impiden que los productores superen y obtengan mejoras en su producción, lo que redundaría en el estado de pobreza crítica en que se encuentra la mayoría de las familias. Sin embargo, a pesar de esta problemática existen factores favorables que promoviéndolos contribuirán a revertir tal situación.

El principal cultivo de la zona es el arroz, limón y el mango y en proporción el maní, el maíz amiláceo y cultivos de pan llevar, esta producción está destinada al autoconsumo.

La crianza de ganado es otra actividad de importancia, se puede observar la presencia de ganado vacuno, porcino y aves de corral.

El comercio está orientado hacia las ciudades de Chiclayo y Sullana, especialmente el arroz es vendido al mercado regional, que luego son absorbidas por el mercado de otras regiones.

### **3.1.9. CONDICIONES CLIMATICAS**

El área de estudio se encuentra ubicada en una zona andina sub – tropical, donde la temperatura es templada y humedad en casi todo



el año. Como promedio, entre los meses de enero – setiembre la temperatura varía de 25° c a 32° c.

### **3.1.10. CARACTERISTICAS CULTURALES**

Las localidades de Culqui y Culqui Alto cuentan con instituciones educativas (inicial y primaria) y la localidad de Culqui cuenta además con una Institución Educativa Secundaria.

La localidad de Culqui Alto no cuenta con institución de nivel secundario es por ello que los jóvenes deben desplazarse a las localidades más cercanas.

## **3.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE SANEAMIENTO**

La evaluación del sistema de saneamiento se elaboró a partir de la recopilación de diversos datos en una ficha de diagnóstico.

FICHA DE DIAGNOSTICO DE UBS			
LETRINAS		TOTAL:	
A. MODELO IMPLEMENTADO			
(Hoyo seco ventilado, con arrastre hidraulico, pozo séptico, etc)			
B. OPERATIVIDAD	Operativo	Si	
		No	
	Presenta Olores	Si	
		No	
	Presencia de agua en el hoyo	Si	
	No		
C. CASETA	Tiene	Si	
		No	
	Estado	Buenas condiciones	
		Malas condiciones	
	Material	Albañileria	
		Adobe	
		Calamina	
Otros			
D. UBICACIÓN	Presencia de agua	Nivel Freatico	
		Inundable	
	Tipo de terreno	Normal	
		Rocoso	
E. TECHO	Tiene		
	No tiene		
	Material	Calamina	
		Teja	
F. TUBERÍA DE VENTILACIÓN	Tiene		
	No tiene		
	Diametro		
	Presenta codos		
	Junta de paso		
G. PUERTA	Tiene		
	No tiene		
	Material	Madera	
		Plástico	
		Calamina	
H. ENTIDAD QUE FINACIÓ		I. ANTIGÜEDAD	

Cuadro 3.2. Ficha de diagnóstico de UBS

### 3.2.1. Sistema de saneamiento Culqui Alto

#### 3.2.1.1. Letrinas

##### a) Situación del servicio

El centro poblado de Culqui Alto, cuenta con 50 letrinas con tanque séptico y 11 letrinas de hoyo seco. Las letrinas con tanque séptico fueron ejecutadas mediante un programa de Foncodes en el año 2001, mientras que las letrinas de hoyo seco fueron ejecutadas por los mismos pobladores.

Descripción	N° Viviendas	%
Letrinas con tanque septico	50	82%
Letrinas con hoyo seco	11	18%
Total	61	100%

**Cuadro 3.3. – “Situación del servicio – Culqui Alto”**



**Figura. 3.2. – “Situación del servicio – Culqui Alto”**

En el centro poblado de Culqui Alto no existe sistema de eliminación de agua grises y aguas usadas en quehaceres domésticos, son arrojadas alrededor de la casa o patio; originando focos infecciosos que contaminan el medio ambiente.

#### **b) Situación de la infraestructura**

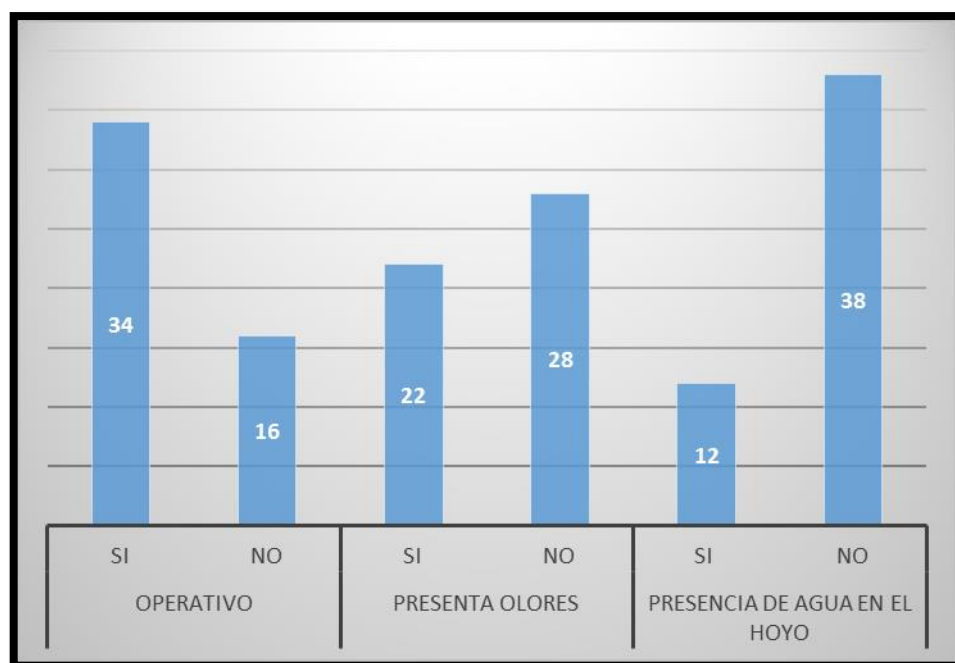
Las letrinas con pozo séptico tienen una antigüedad de más de 15 años, por lo tanto, un gran porcentaje de estas letrinas se encuentran en malas condiciones, incluso algunas ya han colapsado por falta de mantenimiento, generando que estos pobladores realicen sus necesidades fisiológicas a la intemperie.

A continuación, se presenta el diagnostico de las letrinas con tanque séptico:

- **Operatividad:** el 68 % de las letrinas se encuentran operativas mientras que el 32 % de las letrinas se encuentran inoperativas por falta de mantenimiento.

OPERATIVIDAD	Operativo	Si	34
		No	16
	Presenta Olores	Si	22
		No	28
	Presencia de agua en el hoyo	Si	0
		No	0

**Cuadro 3.4. – “Operatividad de las Letrinas con tanque séptico”**

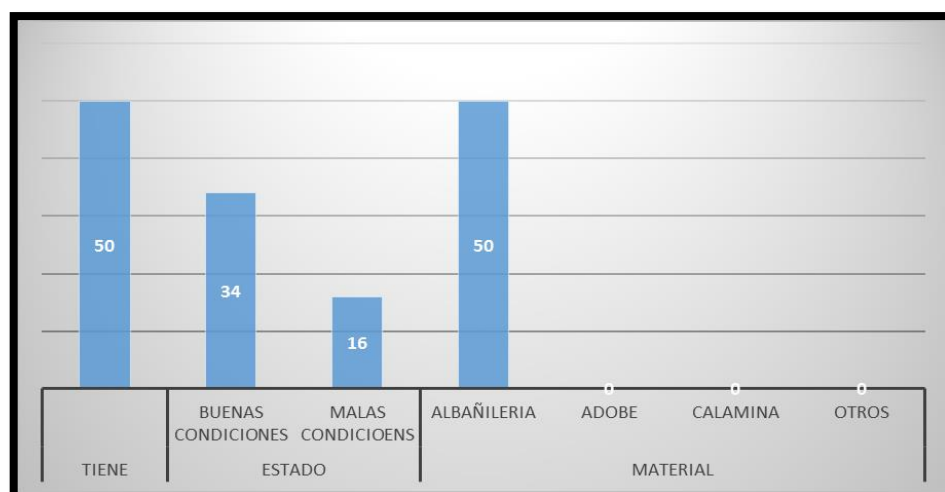


**Figura. 3.3. – “Operatividad de las Letrinas con tanque séptico”**

- **Caseta:** el 100 % de las letrinas presentan casetas de albañilería de las cuales el 68% se encuentran en buenas condiciones.

CAsETA	Tiene		50
	Estado	Buenas condiciones	34
		Malas condicioens	16
	Material	Albañileria	50
		Adobe	0
		Calamina	0
		Otros	0

**Cuadro 3.5. – “Caseta de las Letrinas con tanque séptico”**



**Figura. 3.4. – “Caseta de las Letrinas con tanque séptico”**

- **Ubicación:** el 100 % de las letrinas se encuentran ubicadas en terreno rocoso terreno típico del lugar y en zonas no inundables, no se presentaba nivel freático.

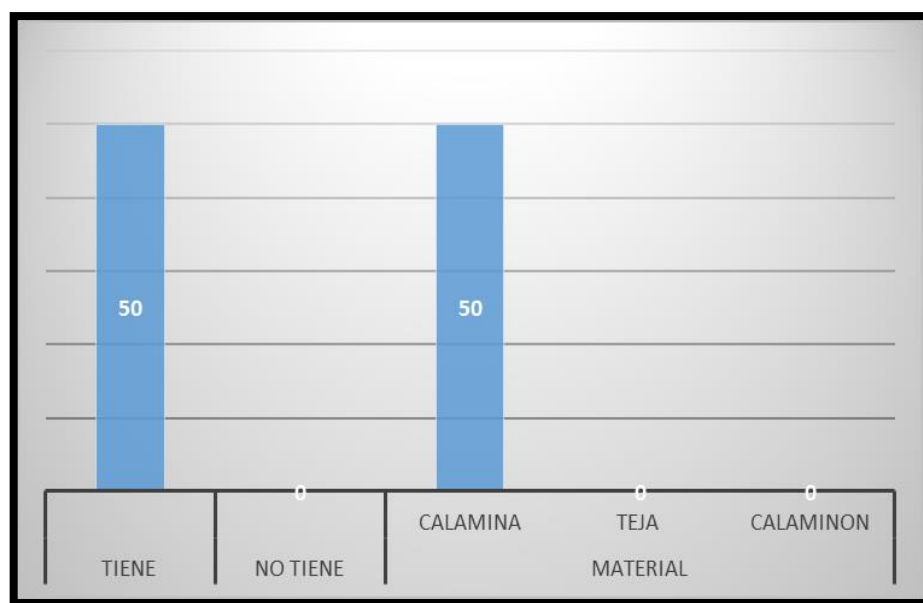
UBICACIÓN	Presencia de agua	Nivel Freatico	Ninguna
		Inundable	Ninguna
	Tipo de terreno	Normal	
		Rocoso	x

**Cuadro 3.6. – “Ubicación de las Letrinas con tanque séptico”**

- **Techo:** el 100 % de las letrinas tienen cobertura de calamina.

TECHO	Tiene		50
	No tiene		0
	Material	Calamina	50
		Teja	0
		Calaminon	0

**Cuadro 3.7. – “techo de las Letrinas con tanque séptico”**



**Figura 3.5. – “Techo de las Letrinas con tanque séptico”**

- **Tubería de ventilación:** el 100 % de las letrinas tienen tubería de ventilación.

TUBERÍA DE VENTILACIÓN	Tiene	50
	No tiene	0
	Diametro	1"
	Presenta codos	si
	Junta de paso	no

**Cuadro 3.8. – “Tubería de ventilación de las Letrinas con tanque séptico”**

- **Puerta:** el 60% de las letrinas tienen puerta de madera mientras que el 40% no presentan puertas.

PUERTA	Tiene		30
	No tiene		20
	Material	Madera	50
		Plástico	0
		Calamina	0
		Calaminon	0

**Cuadro 3.9. – “Puerta de las Letrinas con tanque séptico”**

ENTIDAD QUE FINACIÓ	FONCODES	ANTIGÜEDAD	15 AÑOS
------------------------	----------	------------	---------

**Cuadro 3.10. – “Financiamiento y antigüedad Letrinas con tanque séptico”**

Las letrinas a hoyo seco fueron construidas por ellos mismos presentando deficiencias y por el desconocimiento no se realizaron una adecuada operación y mantenimiento en consecuencia sus módulos de saneamiento se encuentran inoperativas.

Por lo tanto, las 11 familias que tiene letrinas de hoyo seco y las 16 familias que tienen letrinas con tanque séptico inoperativo se encuentran realizando sus necesidades en la intemperie, generando la proliferación de enfermedades infecciosas.

### **3.2.2. Evaluación del Sistema de saneamiento de Culqui**

#### **3.2.2.1. Letrinas**

##### ***a) Situación del servicio***

El centro poblado de Culqui, cuenta con letrinas de hoyo seco. Las letrinas fueron construidas por los mismos pobladores.



FICHA DE DIAGNOSTICO DE UBS			
LETRINAS		TOTAL:	241
A. MODELO IMPLEMENTADO (Hoyo seco ventilado, con arrastre hidraulico, pozo séptico, etc)		Letrinas de hoyo seco	
B. OPERATIVIDAD	Operativo	Si	147
		No	94
	Presenta Olores	Si	189
		No	52
	Presencia de agua en el hoyo	Si	191
		No	50
C. CASETA	Tiene	Si	152
		No	89
	Estado	Buenas condiciones	102
		Malas condiciones	50
	Material	Albañileria	7
		Adobe	49
		Calamina	48
		Otros	48
D. UBICACIÓN	Presencia de agua	Nivel Freatico	Ninguna
		Inundable	Ninguna
	Tipo de terreno	Normal	
		Rocoso	x
E. TECHO	Tiene		111
	No tiene		39
	Material	Calamina	119
		Teja	31
F. TUBERÍA DE VENTILACIÓN	Tiene		0
	No tiene		152
	Diametro		-
	Presenta codos		-
	Junta de paso		-
G. PUERTA	Tiene		107
	No tiene		45
	Material	Madera	3
		Plástico	15
		Calamina	89
H. ENTIDAD QUE FINACIÓ	Recursos Propios	I. ANTIGÜEDAD	10 años aprox.

Cuadro 3.11. Ficha de diagnóstico de UBS en Culqui

### 3.2.3. Evaluación del Sistema de saneamiento de Laureles

#### 3.2.3.1. Letrinas

##### a) Situación del servicio

El centro poblado de Culqui Alto, cuenta con 50 letrinas con tanque séptico y 13 letrinas de hoyo seco. Las letrinas con tanque séptico fueron ejecutadas mediante un programa de Foncodes en el año 2001, mientras que las letrinas de hoyo seco fueron ejecutadas por los mismos pobladores.

FICHA DE DIAGNOSTICO DE UBS			
LETRINAS		TOTAL:	50
A. MODELO IMPLEMENTADO		Letrinas de pozo séptico	
(Hoyo seco ventilado, con arrastre hidraulico, pozo séptico, etc)			
B. OPERATIVIDAD	Operativo	Si	46
		No	4
	Presenta Olores	Si	6
		No	44
	Presencia de agua en el hoyo	Si	0
		No	0
C. CASETA	Tiene	Si	50
		No	0
	Estado	Buenas condiciones	43

		Malas condiciones	7
	Material	Albañileria	50
		Adobe	0
		Calamina	0
		Otros	0
D. UBICACIÓN	Presencia de agua	Nivel Freatico	Ninguna
		Inundable	Ninguna
	Tipo de terreno	Normal	
		Rocoso	x
E. TECHO	Tiene		50
	No tiene		0
	Material	Calamina	50
		Teja	0
F. TUBERÍA DE VENTILACIÓN	Tiene		50
	No tiene		0
	Diámetro		1"
	Presenta codos		si
	Junta de paso		si
G. PUERTA	Tiene		50
	No tiene		0
	Material	Madera	50
		Plástico	0

		Calamina	0
<b>H. ENTIDAD QUE FINACIÓ</b>	Foncodes	<b>I. ANTIGÜEDAD</b>	15 años

**Cuadro 3.12. Ficha diagnóstica UBS en Laureles**

## **IV DISEÑO, ESPECIFICACIONES DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES**

### **4.1 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

#### **4.1.1 Consideraciones técnicas para el diseño**

En la presentación del diseño de la red de aguas residuales se han tomado en cuenta varias consideraciones en base a la información recolectada en campo, esta información ha permitido seleccionar una alternativa de solución adecuada para la disposición de aguas residuales. Las consideraciones son las siguientes:

- a) Periodo de diseño de 20 años
- b) Utilización de tuberías de PVC para el diseño de colectores, el coeficiente de rugosidad que presenta el material es  $n=0.013$ , según O.S. 070
- c) La dotación de agua que se utilizará es de 150 l/p/d, según O.S.100
- d) Cálculo de caudal de diseño es igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño
- e) El caudal a tubería llena ha sido determinado por la fórmula de Manning.
- f) El diámetro de los colectores será de 8", con base en O.S. 070
- g) La distancia máxima entre buzones es de 80 m, para tuberías de diámetro 200mm establecido por O.S.070

#### **4.1.2. Presentación del diseño**

A continuación, se desarrollará a manera de ejemplo el cálculo de un tramo de la red de aguas residuales, continuando de forma sistemática por medio de hojas electrónicas que facilitan los procesos repetitivos, para después sintetizar los resultados en tablas.

Datos:

Población Actual	1306 hab
Población de diseño	1632 hab
Densidad Poblacional	4.05
Lotes Habitados	322
Dotación (lt/hab/día)	150
Consumo promedio anual (lt/seg)	2.27
Periodo de diseño (año)	20
Coefficiente de Retorno	0.8
Longitud (m)	12 395.4

Los caudales que discurrirán a través de las redes de alcantarilla para el inicio y fin del proyecto se calculan de la siguiente manera:

Caudal medio diario

$$Q_{med} = \frac{c * p * dot}{86400}$$

$$Q_{med} = \frac{0.80 * 1632 hab * 150 lt/hab/dia}{86400}$$

$$Q_{med} = 2.27 lt/seg$$

Caudal máximo diario

Siendo K1 la relación entre Qmax.diario /Qmeddiario=1.3

$$Q_{md} = K_1 * Q_{med}$$

$$Q_{md} = 1.3 * 2.27$$

$$Q_{md} = 2.95 \frac{lt}{seg}$$

Caudal máximo horario

Siendo la relación entre Max. diario/Qmed. diario=2

$$Q_{mh} = K_2 * Q_{md}$$

$$Q_{mh} = 2 * 2.27$$

$$Q_{mh} = 4.54 \text{ Lt/seg}$$

Caudal de diseño

El caudal concentrado vendría dado por los colegios de la zona y un salón comunal.

Los cuales se calculan así

$$Q_c = N^{\circ} \text{ alumnos} * \frac{25lt}{86400} + 40 \text{ lt/dia/ m}^2 * 180m^2$$

$$Q_d = Q_{mh} + Q_c$$

$$Q_d = 4.85 \text{ l/s}$$

Caudal por tramos en la red

Para el cálculo del caudal en cada tramo de la red, se debe tomar el caudal máximo de contribución, luego dividirla por el tamaño total de la red, obteniendo el caudal unitario ( $Q_u$ ), en L/(s.km) de red:

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{L}$$

Calculo de tramo de Calle 39 entre buzones 200 y 201

#### 1. Caudal de diseño acumulado

Para el caso el caudal de diseño acumulado será igual a la contribución del mismo tramo más incremento de las tuberías que la preceden. Por lo tanto, el cálculo sería el siguiente:

$$Q_d = 4.85 \text{ lt/seg} / 12395.4 \text{ m} * 49.80 \text{ m} + 3.482 \text{ lt/seg}$$

$$Q_d = 3.501 \text{ /seg}$$

La norma O.S. 0.70 sostiene que en todos los tramos de la red deben calcularse los caudales inicial y final ( $Q_i$  y  $Q_f$ ). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1,5 L /s.

Se trabaja con el valor de diseño calculado de 3.5lt/seg

#### 2. Área a tubo lleno



Para los cálculos siguientes se ha establecido una pendiente  $S = 3.4\%$  y un diámetro de tubería de 8".

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.0324 m^2$$

### 3. Velocidad a tubo lleno

Dado que ya se cuenta con el caudal y área a tubo lleno, se procede como sigue:

$$V = \frac{1}{N} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{LL} = 10.5511 S^{1/2}$$

$$V_{LL} = 1.95 m/s$$

### 4. Caudal a tubo lleno

$$Q_{LL} = A_{LL} V_{LL}$$

$$Q_{LL} = 342.1646 S^{1/2}$$

$$Q_{LL} = 63.09 \frac{lt}{seg}$$

### 5. Caudal a tubería parcialmente llena

Por tablas hidráulicas para tubería parcialmente llena, a través de los parámetros  $v/V$ ,  $h/D$ ,  $t/T$  obtendremos la velocidad real, tirante y tensión tractiva.

Nosotros entramos a dichas tablas a través de establecer la relación del caudal del tramo entre el caudal a tubo lleno  $q/Q$ .

$$q/Q = \frac{3.501}{113.48}$$

$$q/Q = 0.055$$

Para esta relación de caudales los parámetros son los siguientes:

$$v/V = 0.45$$

$$h/D = 0.17$$

$$t/T = 0.43$$

## 6. Velocidad Real

Teniendo establecido estos parámetros ya podemos hallar la velocidad real y la tensión tractiva que son los indicadores que nos validaran nuestro diseño.

$$V_r = \frac{v}{V} * V_{ll}$$

$$V_r = 0.45 * 1.95 = 0.88m/s$$

Para validar este resultado la velocidad real debe estar contenida entre los valores de 0.6 m/s como mínimo y 5 m/s como máximo

1.16 m/s está comprendido, es válido el diseño en este indicador

## 7. Tracción tractiva

$$T_r = \frac{t}{T} * t_{ll}$$

$$T_r = 0.43 * 1.73 = 0.74kg/m^2$$

Para validar este resultado la tensión tractiva real debe tener un valor mayor a 1Pa. El valor obtenido es equivalente a 7.4 Pa.

El diseño de este tramo es válido tras comprobar su velocidad y tracción tractiva.

#### 8. Tirante normal

$$h/D = 0.17$$

$$h = 0.2 * 0.09$$

$$h = 0.018m$$

El procedimiento adoptado para todos los tramos es el mismo indicado en los dos ejemplos anteriores, a continuación, se presenta el desarrollo en si del diseño, haciendo uso de hojas de cálculo que de forma sistemática se utilizan a través de toda la red.

BUZONES DEL TRAMO		LONGITUD (m)	COTA DE FONDO (m.s.n.m)		PENDIENTE PROPUESTA (m/m)	CAUDAL INICIAL L/s (Qi)	CAUDAL FINAL L/s (Qf)	Qmin. L/s (con respecto a Qi)	DIAMETRO (mm)	CONDICIONES A TUBO LLENO			RELACIONES HIDRAULICAS			CONDICIONES REALES		
ARRIBA	ABAJO		ARRIBA	ABAJO						Q <sub>LL</sub> (l/s)	v <sub>LL</sub> (m/s)	FUERZA TRACTIVA T <sub>LL</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )	v/v	h/D	t/T	v <sub>r</sub> (m/s)	h <sub>r</sub> (mm)	FUERZA TRACTIVA t <sub>r</sub> (Pa)
BZ-1	BZ-2	40.00	600.51	596.13	11.20	0.00	0.02	1.50	200.00	114.50	3.53	5.69	0.30	0.09	0.22	1.05	17.40	12.63
BZ-2	BZ-3	41.00	596.13	591.45	11.17	0.02	0.03	1.50	200.00	114.50	3.53	5.69	0.30	0.09	0.22	1.05	17.40	12.63
BZ-3	BZ-8	37.90	591.45	586.04	14.54	0.03	0.05	1.50	200.00	130.29	4.02	7.37	0.29	0.08	0.21	1.17	16.80	15.76
BZ-4	BZ-5	40.00	599.35	595.53	9.80	0.00	0.02	1.50	200.00	107.11	3.30	4.98	0.30	0.09	0.23	1.00	18.00	11.40
BZ-5	BZ-6	42.10	595.53	592.09	8.17	0.02	0.03	1.50	200.00	97.79	3.01	4.15	0.31	0.09	0.24	0.94	18.60	9.81
BZ-6	BZ-7	43.60	592.09	589.87	4.63	0.03	0.05	1.50	200.00	73.60	2.27	2.35	0.34	0.11	0.27	0.78	21.60	6.44
BZ-7	BZ-8	44.00	589.87	586.04	9.16	0.05	0.07	1.50	200.00	103.55	3.19	4.65	0.30	0.09	0.23	0.97	18.00	10.66
BZ-8	BZ-9	56.00	586.04	578.13	14.12	0.11	0.13	1.50	200.00	104.07	3.21	4.35	0.30	0.09	0.23	0.98	18.00	9.97
BZ-9	BZ-18	57.30	578.13	574.91	4.22	0.13	0.16	1.50	200.00	70.67	2.18	2.17	0.35	0.11	0.28	0.76	22.00	6.07
BZ-10	BZ-11	44.50	610.07	605.48	10.31	0.00	0.02	1.50	200.00	109.86	3.39	5.24	0.30	0.09	0.23	1.03	18.00	11.99
BZ-11	BZ-12	44.80	605.48	601.29	9.35	0.02	0.03	1.50	200.00	104.62	3.23	4.75	0.30	0.09	0.23	0.98	18.00	10.88
BZ-12	BZ-13	45.10	601.29	596.47	10.69	0.03	0.05	1.50	200.00	111.86	3.45	5.43	0.30	0.09	0.22	1.03	17.40	12.05
BZ-13	BZ-14	41.90	596.47	593.59	7.11	0.05	0.07	1.50	200.00	91.23	2.81	3.61	0.32	0.10	0.24	0.89	19.20	8.81
BZ-14	BZ-15	43.70	593.59	588.70	10.96	0.07	0.09	1.50	200.00	113.48	3.50	5.59	0.30	0.09	0.22	1.04	17.40	12.41
BZ-15	BZ-16	45.20	588.70	584.60	9.07	0.09	0.10	1.50	200.00	102.65	3.17	4.57	0.31	0.09	0.24	0.98	18.60	10.81
BZ-16	BZ-17	49.90	584.60	580.65	7.52	0.10	0.12	1.50	200.00	93.71	2.89	3.81	0.32	0.10	0.24	0.92	19.20	9.30
BZ-17	BZ-18	48.10	580.65	574.91	12.56	0.12	0.14	1.50	200.00	120.97	3.73	6.35	0.29	0.08	0.21	1.09	16.80	13.59
BZ-18	BZ-19	51.80	574.91	573.91	2.32	0.30	0.32	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-19	BZ-48	53.40	573.91	571.83	3.52	0.32	0.34	1.50	200.00	65.91	2.03	1.89	0.35	0.12	0.29	0.72	23.00	5.48
BZ-20	BZ-21	41.00	613.41	607.64	14.07	0.00	0.02	1.50	200.00	128.34	3.96	7.15	0.29	0.08	0.21	1.16	16.80	15.30
BZ-21	BZ-22	45.00	607.64	601.81	12.96	0.02	0.03	1.50	200.00	123.37	3.80	6.60	0.29	0.08	0.21	1.11	16.80	14.13
BZ-22	BZ-23	45.10	601.81	595.66	13.64	0.03	0.05	1.50	200.00	126.37	3.90	6.93	0.29	0.08	0.21	1.14	16.80	14.83
BZ-23	BZ-24	45.80	595.66	590.73	10.76	0.05	0.07	1.50	200.00	112.23	3.46	5.47	0.30	0.09	0.22	1.03	17.40	12.13

BZ-24	BZ-32	37.90	590.73	589.42	3.72	0.07	0.08	1.50	200.00	65.82	2.03	1.88	0.35	0.12	0.29	0.72	23.00	5.46
BZ-25	BZ-26	39.00	633.33	624.66	21.97	0.00	0.02	1.50	200.00	160.49	4.95	11.18	0.28	0.08	0.20	1.38	15.60	22.24
BZ-26	BZ-27	41.30	624.66	619.55	12.62	0.02	0.03	1.50	200.00	121.55	3.75	6.41	0.29	0.08	0.21	1.09	16.80	13.72
BZ-27	BZ-28	42.30	619.55	614.69	10.31	0.03	0.05	1.50	200.00	109.86	3.39	5.24	0.30	0.09	0.23	1.03	18.00	11.99
BZ-28	BZ-29	42.30	614.69	608.94	14.07	0.05	0.06	1.50	200.00	128.34	3.96	7.15	0.29	0.08	0.21	1.16	16.80	15.30
BZ-29	BZ-30	48.00	608.94	602.16	14.54	0.06	0.08	1.50	200.00	130.47	4.02	7.39	0.29	0.08	0.21	1.15	16.20	15.25
BZ-30	BZ-31	48.70	602.16	595.79	13.29	0.08	0.10	1.50	200.00	124.73	3.85	6.75	0.29	0.08	0.21	1.12	16.80	14.45
BZ-31	BZ-32	50.00	595.79	589.42	12.74	0.10	0.12	1.50	200.00	122.12	3.77	6.47	0.29	0.08	0.21	1.10	16.80	13.85
BZ-32	BZ-33	51.20	589.42	582.97	12.60	0.21	0.23	1.50	200.00	121.45	3.75	6.40	0.29	0.08	0.21	1.09	16.80	13.70
BZ-33	BZ-41	42.30	582.97	581.50	3.48	0.23	0.24	1.50	200.00	63.83	1.97	1.77	0.36	0.12	0.27	0.71	23.60	4.84
BZ-34	BZ-35	40.00	617.63	613.11	11.30	0.00	0.02	1.50	200.00	115.01	3.55	5.74	0.30	0.09	0.22	1.06	17.40	12.74
BZ-35	BZ-36	40.80	613.11	608.46	11.15	0.02	0.03	1.50	200.00	114.25	3.52	5.66	0.30	0.09	0.22	1.05	17.40	12.57
BZ-36	BZ-37	43.00	608.46	601.37	16.49	0.03	0.05	1.50	200.00	138.99	4.29	8.38	0.29	0.08	0.21	1.22	16.20	17.31
BZ-37	BZ-38	42.60	601.37	596.14	12.75	0.05	0.07	1.50	200.00	122.17	3.77	6.48	0.30	0.08	0.21	1.12	16.80	13.86
BZ-38	BZ-39	41.00	596.14	590.43	13.93	0.07	0.08	1.50	200.00	128.03	3.95	7.11	0.30	0.08	0.21	1.18	16.80	15.22
BZ-39	BZ-40	42.40	590.43	585.91	10.66	0.08	0.10	1.50	200.00	111.71	3.44	5.42	0.30	0.09	0.22	1.03	17.40	12.02
BZ-40	BZ-41	43.10	585.91	581.50	10.23	0.10	0.11	1.50	200.00	109.43	3.37	5.20	0.30	0.09	0.23	1.03	18.00	11.90
BZ-41	BZ-46	31.50	581.50	579.42	6.60	0.36	0.37	1.50	200.00	87.89	2.71	3.35	0.32	0.10	0.25	0.88	19.80	8.43
BZ-42	BZ-43	40.10	598.89	593.30	14.19	0.00	0.02	1.50	200.00	128.89	3.97	7.21	0.30	0.08	0.21	1.18	16.80	15.43
BZ-43	BZ-44	43.60	593.30	589.10	9.40	0.02	0.03	1.50	200.00	104.90	3.23	4.78	0.30	0.09	0.23	0.98	18.00	10.94
BZ-44	BZ-45	46.80	589.10	584.69	9.42	0.03	0.05	1.50	200.00	105.01	3.24	4.79	0.30	0.09	0.23	0.98	18.00	10.96
BZ-45	BZ-46	47.70	584.69	579.42	11.26	0.05	0.07	1.50	200.00	114.81	3.54	5.72	0.30	0.09	0.22	1.06	17.40	12.70
BZ-46	BZ-47	46.00	579.42	574.90	9.83	0.44	0.46	1.50	200.00	107.27	3.31	4.99	0.30	0.09	0.23	1.01	18.00	11.44
BZ-47	BZ-48	46.60	574.90	571.83	6.59	0.46	0.48	1.50	200.00	87.83	2.71	3.35	0.32	0.10	0.25	0.88	19.80	8.42
BZ-48	BZ-49	46.00	571.83	568.04	8.24	0.82	0.83	1.50	200.00	98.21	3.03	4.19	0.31	0.09	0.24	0.94	18.60	9.90
BZ-49	BZ-55	42.70	568.04	564.23	8.92	0.83	0.85	1.50	200.00	102.19	3.15	4.53	0.31	0.09	0.24	0.98	18.60	10.72
BZ-50	BZ-51	40.20	586.82	582.08	11.29	0.00	0.02	1.50	200.00	114.96	3.55	5.74	0.30	0.09	0.22	1.06	17.40	12.73
BZ-51	BZ-52	43.50	582.08	575.08	15.63	0.02	0.03	1.50	200.00	135.27	4.17	7.94	0.29	0.08	0.21	1.19	16.20	16.40
BZ-52	BZ-53	45.40	575.08	569.99	11.87	0.03	0.05	1.50	200.00	117.88	3.63	6.03	0.30	0.09	0.22	1.08	17.40	13.39

BZ-53	BZ-54	45.50	569.99	566.81	6.99	0.05	0.07	1.50	200.00	90.53	2.79	3.56	0.32	0.10	0.25	0.90	19.80	8.94
BZ-54	BZ-55	45.70	566.81	564.23	5.65	0.07	0.09	1.50	200.00	81.32	2.51	2.87	0.33	0.10	0.26	0.83	20.40	7.43
BZ-55	BZ-56	47.10	564.23	559.21	10.66	0.94	0.96	1.50	200.00	111.71	3.45	5.41	0.30	0.09	0.22	1.03	17.40	12.02
BZ-56	BZ-57	47.50	559.21	556.33	5.64	0.96	0.97	1.50	200.00	81.24	2.51	2.87	0.33	0.10	0.26	0.83	20.40	7.42
BZ-57	BZ-69	47.50	556.33	552.33	6.74	0.97	0.99	1.50	200.00	87.83	2.71	3.35	0.32	0.10	0.25	0.88	19.80	8.42
BZ-58	BZ-59	42.00	588.06	582.87	12.36	0.00	0.02	1.50	200.00	120.29	3.71	6.28	0.29	0.08	0.21	1.08	16.80	13.44
BZ-59	BZ-60	50.30	582.87	575.03	15.59	0.02	0.04	1.50	200.00	135.10	4.17	7.92	0.29	0.08	0.21	1.19	16.20	16.35
BZ-60	BZ-61	40.90	575.03	573.08	3.55	0.04	0.05	1.50	200.00	64.47	1.99	1.80	0.35	0.12	0.29	0.71	23.00	5.24
BZ-61	BZ-62	41.70	573.08	572.41	2.33	0.05	0.07	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-62	BZ-63	41.20	572.41	571.85	2.33	0.07	0.08	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-63	BZ-64	40.00	571.85	569.30	5.88	0.08	0.10	1.50	200.00	86.41	2.66	3.24	0.32	0.10	0.25	0.86	19.80	8.15
BZ-64	BZ-65	50.50	569.30	561.81	14.83	0.10	0.12	1.50	200.00	131.76	4.06	7.53	0.29	0.08	0.21	1.16	16.20	15.56
BZ-65	BZ-66	50.80	561.81	557.45	8.58	0.12	0.14	1.50	200.00	100.22	3.09	4.36	0.31	0.09	0.24	0.96	18.60	10.31
BZ-66	BZ-67	54.30	557.45	555.41	3.76	0.14	0.16	1.50	200.00	66.35	2.05	1.91	0.36	0.11	0.29	0.73	22.80	5.56
BZ-67	BZ-68	43.90	555.41	553.00	5.26	0.16	0.18	1.50	200.00	78.45	2.42	2.67	0.34	0.11	0.27	0.83	21.60	7.32
BZ-68	BZ-69	44.90	553.00	553.73	2.16	0.18	0.20	1.50	200.00	50.28	1.55	1.10	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.61
BZ-69	BZ-70	52.80	553.73	548.12	9.49	1.19	1.21	1.50	200.00	105.46	3.25	4.83	0.30	0.09	0.23	0.99	18.00	11.06
BZ-70	BZ-71	53.00	548.12	545.49	5.34	1.21	1.23	1.50	200.00	79.05	2.44	2.71	0.34	0.11	0.27	0.83	21.60	7.43
BZ-71	BZ-72	54.00	545.49	542.72	4.02	1.23	1.25	1.50	200.00	71.67	2.21	2.23	0.35	0.11	0.28	0.77	22.00	6.23
BZ-72	BZ-73	54.00	542.72	541.84	2.56	1.25	1.27	1.50	200.00	50.63	1.56	1.11	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.66
BZ-73	BZ-74	55.50	541.84	540.97	2.29	1.27	1.29	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-74	BZ-75	55.70	540.97	538.81	3.34	1.29	1.32	1.50	200.00	64.05	1.98	1.78	0.36	0.12	0.29	0.70	23.00	5.18
BZ-75	BZ-76	54.90	538.81	537.88	2.24	1.32	1.34	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.61	26.80	3.73
BZ-76	BZ-77	55.00	537.88	537.00	2.15	1.34	1.36	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68
BZ-77	BZ-78	55.00	537.00	534.98	2.58	1.36	1.38	1.50	200.00	55.17	1.70	1.32	0.37	0.12	0.31	0.63	24.40	4.05
BZ-78	BZ-79	55.00	534.98	532.43	4.64	1.38	1.40	1.50	200.00	73.68	2.27	2.36	0.34	0.11	0.27	0.78	21.60	6.46
BZ-79	BZ-80	55.00	532.43	524.69	14.07	1.40	1.42	1.50	200.00	128.34	3.96	7.15	0.29	0.08	0.21	1.16	16.80	15.30
BZ-80	BZ-81	55.00	524.69	517.56	12.78	1.42	1.44	1.50	200.00	122.32	3.77	6.49	0.29	0.08	0.21	1.10	16.80	13.89
BZ-81	BZ-82	60.00	517.56	514.19	5.78	1.44	1.47	1.50	200.00	82.24	2.54	2.94	0.34	0.11	0.27	0.85	21.00	7.83

BZ-82	BZ-83	61.30	514.19	509.83	7.11	1.47	1.49	1.50	200.00	91.23	2.81	3.61	0.32	0.10	0.25	0.91	19.80	9.08
BZ-83	BZ-91	63.60	509.83	501.83	12.58	1.49	1.52	1.52	200.00	121.36	3.75	6.39	0.30	0.09	0.22	1.13	17.40	14.19
BZ-84	BZ-85	36.20	522.60	518.68	10.83	0.00	0.01	1.50	200.00	112.59	3.47	5.50	0.30	0.09	0.22	1.03	17.40	12.21
BZ-85	BZ-86	36.60	518.68	518.09	2.16	0.01	0.03	1.50	200.00	50.28	1.55	1.10	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.61
BZ-86	BZ-87	38.00	518.09	517.50	2.34	0.03	0.04	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-87	BZ-88	46.50	517.50	516.81	2.34	0.04	0.06	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-88	BZ-89	50.00	516.81	510.91	10.00	0.06	0.08	1.50	200.00	111.39	3.44	5.38	0.30	0.09	0.22	1.02	17.40	11.95
BZ-89	BZ-90	50.00	510.91	503.22	15.38	0.08	0.10	1.50	200.00	134.18	4.14	7.81	0.29	0.08	0.21	1.18	16.20	16.13
BZ-90	BZ-91	62.50	503.22	501.83	2.22	0.10	0.13	1.50	200.00	50.98	1.57	1.13	0.38	0.13	0.32	0.60	26.00	3.65
BZ-91	BZ-92	39.00	501.83	500.69	2.92	1.64	1.66	1.66	200.00	58.47	1.80	1.48	0.39	0.13	0.33	0.69	26.40	4.88
BZ-92	BZ-94	26.49	500.69	500.27	2.34	1.66	1.67	1.67	200.00	52.34	1.61	1.19	0.39	0.14	0.34	0.64	27.60	4.08
BZ-93	BZ-94	48.10	503.22	500.27	6.55	1.67	1.69	1.69	200.00	87.56	2.70	3.33	0.34	0.11	0.27	0.92	21.60	9.12
BZ-94	BZ-95	27.90	500.27	499.79	2.08	1.69	1.70	1.70	200.00	49.58	1.53	1.07	0.40	0.14	0.36	0.62	28.80	3.81
BZ-95	BZ-96	24.30	499.79	499.42	2.35	1.70	1.71	1.71	200.00	52.45	1.62	1.19	0.40	0.14	0.35	0.64	28.00	4.15
BZ-96	BZ-97	42.40	499.42	497.11	4.27	1.71	1.72	1.72	200.00	70.67	2.18	2.17	0.37	0.12	0.31	0.80	24.40	6.66
BZ-97	BZ-98	44.00	497.11	491.89	11.86	1.72	1.74	1.74	200.00	117.83	3.63	6.02	0.32	0.10	0.24	1.15	19.20	14.70
BZ-98	BZ-99	23.80	491.89	488.21	15.46	1.74	1.75	1.75	200.00	134.54	4.15	7.85	0.30	0.09	0.23	1.26	18.00	17.98
BZ-99	BZ-100	42.00	488.21	484.10	9.79	1.75	1.77	1.77	200.00	133.79	4.13	7.77	0.30	0.09	0.23	1.25	18.00	17.79
BZ-100	BZ-101	47.60	484.10	480.90	6.72	1.77	1.79	1.79	200.00	88.68	2.73	3.41	0.35	0.11	0.28	0.95	22.00	9.54
BZ-101	BZ-102	37.60	480.90	477.86	8.09	1.79	1.80	1.80	200.00	99.76	3.08	4.32	0.34	0.11	0.27	1.03	21.00	11.51
BZ-102	BZ-103	39.90	477.86	474.76	7.77	1.80	1.82	1.82	200.00	95.37	2.94	3.95	0.34	0.11	0.27	1.01	21.60	10.82
BZ-103	BZ-104	43.80	474.76	472.68	4.75	1.82	1.83	1.83	200.00	74.55	2.30	2.41	0.37	0.12	0.31	0.85	24.40	7.41
BZ-104	BZ-105	50.80	472.68	471.80	2.13	1.83	1.85	1.85	200.00	49.93	1.54	1.08	0.41	0.15	0.37	0.64	30.00	4.02
BZ-105	BZ-139	54.70	471.80	537.35	4.10	1.85	1.87	1.87	200.00	69.26	2.14	2.08	0.38	0.13	0.32	0.80	25.40	6.62

BZ-106	BZ-107	45.00	537.35	531.25	13.56	0.00	0.02	1.50	200.00	126.00	3.89	6.89	0.29	0.08	0.21	1.13	16.80	14.74
BZ-107	BZ-108	54.00	531.25	524.32	12.83	0.02	0.04	1.50	200.00	122.55	3.78	6.52	0.29	0.08	0.21	1.10	16.80	13.95
BZ-108	BZ-109	46.00	524.32	522.05	4.93	0.04	0.06	1.50	200.00	75.96	2.34	2.50	0.34	0.11	0.27	0.80	21.60	6.86
BZ-109	BZ-114	49.50	522.05	515.36	13.52	0.06	0.08	1.50	200.00	125.81	3.88	6.87	0.29	0.08	0.21	1.13	16.80	14.70
BZ-110	BZ-111	40.00	542.73	534.82	19.77	0.00	0.02	1.50	200.00	152.14	4.69	10.04	0.28	0.08	0.20	1.31	15.60	19.99
BZ-111	BZ-112	41.50	534.82	527.37	17.95	0.02	0.03	1.50	200.00	144.97	4.47	9.12	0.28	0.08	0.20	1.25	15.60	18.17
BZ-112	BZ-113	44.00	527.37	520.41	15.82	0.03	0.05	1.50	200.00	136.09	4.20	8.04	0.29	0.08	0.21	1.20	16.20	16.60
BZ-113	BZ-114	46.00	520.41	515.36	10.98	0.05	0.07	1.50	200.00	113.38	3.50	5.58	0.30	0.09	0.22	1.04	17.40	12.39
BZ-114	BZ-116	32.90	515.36	509.14	19.82	0.14	0.16	1.50	200.00	152.33	4.70	10.07	0.28	0.08	0.20	1.31	15.60	20.06
BZ-115	BZ-116	42.60	509.82	509.14	2.30	0.00	0.02	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-116	BZ-117	46.00	509.14	499.40	20.52	0.17	0.19	1.50	200.00	155.00	4.78	10.42	0.28	0.08	0.20	1.33	15.60	20.77
BZ-117	BZ-118	46.20	499.40	492.24	15.50	0.19	0.21	1.50	200.00	134.71	4.15	7.87	0.29	0.08	0.21	1.19	16.20	16.26
BZ-118	BZ-119	47.20	492.24	487.37	10.32	0.21	0.23	1.50	200.00	109.91	3.39	5.24	0.30	0.09	0.23	1.03	18.00	12.01
BZ-119	BZ-123	53.70	487.37	481.40	10.93	0.23	0.25	1.50	200.00	113.11	3.49	5.55	0.30	0.09	0.22	1.04	17.40	12.33
BZ-120	BZ-121	45.50	497.66	489.15	18.70	0.00	0.02	1.50	200.00	147.96	4.56	9.50	0.28	0.08	0.20	1.27	15.60	18.93
BZ-121	BZ-123	56.70	489.15	481.40	13.49	0.02	0.04	1.50	200.00	125.67	3.88	6.85	0.29	0.08	0.21	1.13	16.80	14.67



BZ-122	BZ-123	43.50	484.03	481.40	5.82	0.00	0.02	1.50	200.00	82.53	2.54	2.96	0.33	0.10	0.26	0.84	20.40	7.66
BZ-123	BZ-124	31.30	481.40	480.85	2.08	0.31	0.32	1.50	200.00	49.35	1.52	1.06	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.48
BZ-124	BZ-130	32.30	480.85	480.42	2.26	0.32	0.33	1.50	200.00	51.44	1.59	1.15	0.38	0.13	0.32	0.60	26.00	3.71
BZ-125	BZ-126	40.50	493.14	484.84	20.49	0.00	0.02	1.50	200.00	154.92	4.78	10.41	0.28	0.08	0.20	1.33	16.00	20.75
BZ-126	BZ-129	35.30	484.84	484.20	2.38	0.02	0.03	1.50	200.00	52.78	1.63	1.21	0.38	0.13	0.32	0.61	25.40	3.84
BZ-127	BZ-128	30.00	499.89	491.81	26.93	0.00	0.01	1.50	200.00	177.56	5.48	13.68	0.28	0.08	0.20	1.53	15.60	27.26
BZ-128	BZ-129	35.00	491.81	484.20	22.31	0.01	0.03	1.50	200.00	161.61	4.98	11.33	0.28	0.08	0.20	1.39	15.60	22.58
BZ-129	BZ-130	44.10	484.20	480.42	8.80	0.06	0.07	1.50	200.00	101.49	3.13	4.47	0.31	0.09	0.24	0.97	18.60	10.57
BZ-130	BZ-131	30.00	480.42	478.25	5.90	0.40	0.41	1.50	200.00	85.39	2.63	3.16	0.33	0.10	0.26	0.87	20.40	8.20
BZ-131	BZ-132	63.40	478.25	477.21	2.27	0.41	0.44	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-132	BZ-133	41.40	477.21	472.86	8.82	0.44	0.46	1.50	200.00	101.61	3.13	4.48	0.31	0.09	0.24	0.97	18.60	10.60
BZ-133	BZ-138	45.00	472.86	470.54	5.60	0.46	0.47	1.50	200.00	83.81	2.58	3.05	0.33	0.10	0.26	0.85	20.40	7.89
BZ-134	BZ-135	34.40	476.09	474.86	3.58	0.00	0.01	1.50	200.00	64.16	1.98	1.79	0.36	0.12	0.29	0.70	23.00	5.20
BZ-135	BZ-137	15.40	474.86	472.31	17.86	0.01	0.02	1.50	200.00	144.60	4.46	9.07	0.28	0.08	0.20	1.25	15.60	18.08
BZ-136	BZ-137	36.00	472.89	472.31	2.17	0.00	0.01	1.50	200.00	50.40	1.55	1.10	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.63
BZ-137	BZ-138	20.50	472.31	470.54	6.68	0.03	0.04	1.50	200.00	94.69	2.92	3.89	0.32	0.10	0.24	0.93	19.20	9.49

BZ-138	BZ-139	22.90	470.54	469.36	6.03	0.51	0.52	1.50	200.00	77.63	2.39	2.62	0.34	0.11	0.27	0.82	21.60	7.17
BZ-139	BZ-200	54.80	469.36	465.85	6.41	2.40	2.42	2.42	200.00	86.62	2.67	3.26	0.38	0.13	0.32	1.02	26.00	10.53
BZ-140	BZ-141	41.00	503.60	502.87	2.27	0.00	0.02	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68
BZ-141	BZ-142	45.50	502.87	500.54	4.02	0.02	0.03	1.50	200.00	70.43	2.17	2.15	0.35	0.11	0.28	0.75	22.00	6.02
BZ-142	BZ-143	43.70	500.54	500.04	2.06	0.03	0.05	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-143	BZ-148	43.50	500.04	499.48	2.07	0.05	0.07	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-144	BZ-145	50.00	512.46	506.06	13.20	0.00	0.02	1.50	200.00	122.41	3.77	6.50	0.29	0.08	0.21	1.10	16.80	13.92
BZ-145	BZ-147	20.80	506.06	502.76	16.83	0.02	0.03	1.50	200.00	140.37	4.33	8.55	0.29	0.08	0.21	1.23	16.20	17.66
BZ-146	BZ-147	49.60	503.51	502.76	2.32	0.00	0.02	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-147	BZ-148	25.60	502.76	499.48	12.97	0.05	0.06	1.50	200.00	123.37	3.80	6.60	0.29	0.08	0.21	1.11	16.80	14.13
BZ-148	BZ-149	47.50	499.48	498.93	1.98	0.13	0.14	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.58	26.80	3.39
BZ-149	BZ-151	48.40	498.93	497.37	2.33	0.14	0.16	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.39	0.13	0.33	0.62	26.40	3.84
BZ-150	BZ-151	43.20	503.36	497.37	14.33	0.00	0.02	1.50	200.00	128.48	3.96	7.16	0.29	0.08	0.21	1.16	16.80	15.33
BZ-151	BZ-152	45.00	497.37	493.47	8.22	0.18	0.20	1.50	200.00	99.40	3.07	4.29	0.31	0.09	0.24	0.95	18.60	10.14
BZ-152	BZ-153	27.60	493.47	490.43	10.29	0.20	0.21	1.50	200.00	109.75	3.38	5.23	0.30	0.09	0.23	1.03	18.00	11.97
BZ-153	BZ-154	59.20	490.43	489.52	2.04	0.21	0.23	1.50	200.00	48.87	1.51	1.04	0.40	0.14	0.33	0.60	27.20	3.46

BZ-154	BZ-155	59.50	489.52	488.63	2.00	0.23	0.25	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.60	26.80	3.39
BZ-155	BZ-161	59.70	488.63	487.63	2.01	0.25	0.28	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.60	26.80	3.39
BZ-156	BZ-157	36.90	501.83	501.24	2.41	0.00	0.01	1.50	200.00	53.01	1.63	1.22	0.38	0.13	0.32	0.62	25.40	3.88
BZ-157	BZ-158	46.00	501.24	500.59	2.28	0.01	0.03	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-158	BZ-159	48.70	500.59	498.90	2.24	0.03	0.05	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68
BZ-159	BZ-160	53.00	498.90	492.66	11.77	0.05	0.07	1.50	200.00	118.53	3.66	6.10	0.30	0.09	0.22	1.10	18.00	13.41
BZ-160	BZ-161	53.00	492.66	487.63	10.62	0.07	0.09	1.50	200.00	111.50	3.44	5.39	0.30	0.09	0.22	1.02	17.40	11.97
BZ-161	BZ-162	55.00	487.63	486.83	2.00	0.37	0.39	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.60	26.80	3.39
BZ-162	BZ-163	56.00	486.83	485.96	2.07	0.39	0.41	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-163	BZ-164	55.30	485.96	485.10	1.97	0.41	0.44	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.60	26.80	3.40
BZ-164	BZ-165	53.00	485.10	484.30	2.00	0.44	0.46	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.39	0.13	0.33	0.60	26.80	3.40
BZ-165	BZ-166	32.20	484.30	483.65	2.24	0.46	0.47	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68
BZ-166	BZ-167	36.30	483.65	483.15	2.20	0.47	0.48	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68
BZ-167	BZ-168	30.80	483.15	482.14	2.47	0.48	0.50	1.50	200.00	54.10	1.67	1.27	0.36	0.12	0.30	0.60	24.00	3.81
BZ-168	BZ-187	48.80	482.14	481.00	2.34	0.50	0.51	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-169	BZ-170	37.30	503.83	502.25	4.24	0.00	0.01	1.50	200.00	68.43	2.11	2.03	0.35	0.11	0.28	0.74	22.00	5.69

BZ-170	BZ-172	33.30	502.25	500.05	6.01	0.01	0.03	1.50	200.00	87.24	2.69	3.30	0.32	0.10	0.25	0.86	20.00	8.26
BZ-171	BZ-172	44.00	500.59	500.05	2.14	0.00	0.02	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-172	BZ-173	43.00	500.05	499.69	1.07	0.04	0.06	1.50	200.00	35.89	1.11	0.56	0.42	0.16	0.38	0.60	31.00	2.14
BZ-173	BZ-175	44.00	499.69	499.15	1.23	0.06	0.08	1.50	200.00	37.48	1.16	0.61	0.42	0.15	0.38	0.60	30.00	2.32
BZ-174	BZ-175	45.20	500.89	499.15	4.51	0.00	0.02	1.50	200.00	72.58	2.24	2.29	0.35	0.11	0.28	0.78	22.00	6.40
BZ-175	BZ-176	47.10	499.15	498.75	1.06	0.10	0.11	1.50	200.00	35.89	1.11	0.56	0.42	0.16	0.38	0.60	31.00	2.14
BZ-176	BZ-179	37.00	498.75	498.38	1.00	0.11	0.13	1.50	200.00	34.22	1.06	0.51	0.43	0.16	0.39	0.60	31.80	1.99
BZ-177	BZ-178	45.20	503.70	501.80	4.20	0.00	0.02	1.50	200.00	68.43	2.11	2.03	0.35	0.11	0.28	0.74	22.00	5.69
BZ-178	BZ-179	40.00	501.80	498.38	8.55	0.02	0.03	1.50	200.00	99.76	3.08	4.32	0.31	0.09	0.24	0.95	18.00	10.36
BZ-179	BZ-181	28.30	498.38	497.99	2.08	0.16	0.17	1.50	200.00	40.49	1.25	0.71	0.41	0.15	0.36	0.51	30.00	2.56
BZ-180	BZ-181	39.00	503.00	497.99	15.41	0.00	0.02	1.50	200.00	134.71	4.15	7.87	0.29	0.08	0.21	1.19	16.20	16.26
BZ-181	BZ-182	47.90	497.99	494.42	7.04	0.19	0.21	1.50	200.00	90.53	2.79	3.56	0.32	0.10	0.24	0.89	20.00	8.53
BZ-182	BZ-183	48.30	494.42	492.46	4.06	0.21	0.23	1.50	200.00	68.43	2.11	2.03	0.35	0.11	0.28	0.74	22.00	5.69
BZ-183	BZ-184	48.70	492.46	491.78	2.01	0.23	0.25	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.67
BZ-184	BZ-185	53.00	491.78	488.33	5.94	0.25	0.27	1.50	200.00	87.24	2.69	3.30	0.32	0.10	0.25	0.86	20.00	8.26
BZ-185	BZ-186	46.20	488.33	487.60	2.23	0.27	0.28	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.68

BZ-186	BZ-187	46.40	487.60	481.00	17.46	0.28	0.30	1.50	200.00	128.03	3.95	7.11	0.29	0.08	0.21	1.13	16.20	14.69
BZ-187	BZ-192	49.90	481.00	479.09	2.22	0.82	0.84	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.66
BZ-188	BZ-189	50.00	490.00	489.20	2.00	0.00	0.02	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.66
BZ-189	BZ-190	52.00	489.20	488.44	2.04	0.02	0.04	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.67
BZ-190	BZ-191	36.50	488.44	484.10	11.07	0.04	0.05	1.50	200.00	113.84	3.51	5.62	0.30	0.09	0.22	1.05	17.40	12.48
BZ-191	BZ-192	34.40	484.10	479.09	17.47	0.05	0.07	1.50	200.00	141.82	4.37	8.73	0.29	0.08	0.21	1.27	16.00	18.33
BZ-192	BZ-195	65.50	479.09	475.37	4.15	0.90	0.93	1.50	200.00	69.68	2.15	2.11	0.35	0.11	0.28	0.75	22.00	5.90
BZ-193	BZ-194	42.00	486.70	481.56	13.43	0.00	0.02	1.50	200.00	125.72	3.88	6.86	0.29	0.08	0.21	1.13	16.80	14.68
BZ-194	BZ-195	49.20	481.56	475.37	12.58	0.02	0.04	1.50	200.00	120.97	3.73	6.35	0.29	0.08	0.21	1.09	16.80	13.59
BZ-195	BZ-196	50.70	475.37	470.96	8.50	0.97	0.99	1.50	200.00	99.76	3.08	4.32	0.31	0.09	0.24	0.96	18.60	10.21
BZ-196	BZ-197	50.20	470.96	468.63	4.84	0.99	1.01	1.50	200.00	71.26	2.20	2.20	0.35	0.11	0.28	0.77	22.00	6.17
BZ-197	BZ-198	49.60	468.63	467.75	1.98	1.01	1.02	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.67
BZ-198	BZ-199	49.50	467.75	466.72	2.08	1.02	1.04	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-199	BZ-200	48.20	466.72	465.85	2.01	1.04	1.06	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.41	0.15	0.36	0.61	30.00	3.67
BZ-200	BZ-201	49.80	465.85	463.95	3.41	3.48	3.50	3.50	200.00	63.09	1.95	1.73	0.45	0.17	0.43	0.88	34.00	7.43
BZ-201	BZ-202	49.20	463.95	462.08	3.80	3.50	3.52	3.52	200.00	66.70	2.06	1.93	0.45	0.17	0.42	0.93	34.00	8.11

BZ-202	BZ-207	49.50	462.08	460.91	2.36	3.52	3.54	3.54	200.00	53.01	1.63	1.22	0.49	0.20	0.48	0.80	40.00	5.85
BZ-203	BZ-204	44.00	475.16	468.80	14.45	0.00	0.02	1.50	200.00	130.29	4.02	7.37	0.29	0.08	0.21	1.17	16.00	15.47
BZ-204	BZ-205	38.90	468.80	465.69	7.99	0.02	0.03	1.50	200.00	96.78	2.98	4.06	0.31	0.09	0.24	0.93	18.00	9.75
BZ-205	BZ-206	38.60	465.69	462.47	8.34	0.03	0.05	1.50	200.00	99.76	3.08	4.32	0.31	0.09	0.24	0.95	18.00	10.36
BZ-206	BZ-207	17.00	462.47	460.91	9.18	0.05	0.05	1.50	200.00	102.65	3.17	4.57	0.31	0.09	0.24	0.98	18.00	10.97
BZ-207	BZ-208	60.60	460.91	459.89	1.68	3.59	3.62	3.62	200.00	44.61	1.38	0.86	0.52	0.22	0.53	0.72	44.00	4.58
BZ-208	BZ-209	60.20	459.89	458.94	1.41	3.62	3.64	3.64	200.00	40.49	1.25	0.71	0.53	0.23	0.55	0.66	46.40	3.91
BZ-209	BZ-210	63.00	458.94	458.24	1.27	3.64	3.67	3.67	200.00	39.01	1.20	0.66	0.54	0.23	0.56	0.65	46.00	3.70
BZ-210	BZ-211	71.90	458.24	457.50	1.17	3.67	3.69	3.69	200.00	35.89	1.11	0.56	0.56	0.26	0.60	0.62	52.00	3.36
BZ-211	BZ-212	75.30	457.50	456.63	1.02	3.69	3.72	3.72	200.00	37.48	1.16	0.61	0.55	0.25	0.58	0.64	50.00	3.54
BZ-212	BZ-213	67.60	456.63	455.54	1.46	3.72	3.75	3.75	200.00	41.91	1.29	0.76	0.53	0.23	0.55	0.69	46.40	4.19
BZ-213	BZ-216	64.30	455.54	454.38	1.96	3.75	3.77	3.77	200.00	48.39	1.49	1.02	0.51	0.22	0.51	0.76	43.00	5.22
BZ-214	BZ-215	46.30	461.44	458.64	5.40	0.00	0.02	1.50	200.00	80.24	2.47	2.79	0.34	0.11	0.27	0.83	21.00	7.45
BZ-215	BZ-216	52.10	458.64	454.38	8.94	0.02	0.04	1.50	200.00	102.65	3.17	4.57	0.31	0.09	0.24	0.98	18.00	10.97
BZ-216	BZ-217	58.30	454.38	450.68	6.35	3.81	3.84	3.84	200.00	86.21	2.66	3.23	0.44	0.16	0.40	1.16	32.80	13.01
BZ-217	BZ-218	59.60	450.68	449.63	1.76	3.84	3.86	3.86	200.00	44.61	1.38	0.86	0.52	0.23	0.54	0.72	46.00	4.66

BZ-218	BZ-219	58.90	449.63	448.68	1.61	3.86	3.88	3.88	200.00	43.28	1.33	0.81	0.53	0.23	0.55	0.71	46.40	4.48
BZ-219	BZ-220	59.10	448.68	447.61	1.81	3.88	3.91	3.91	200.00	45.91	1.42	0.91	0.52	0.23	0.54	0.74	45.20	4.92
BZ-220	BZ-221	61.10	447.61	445.63	3.24	3.91	3.93	3.93	200.00	61.59	1.90	1.65	0.48	0.20	0.47	0.92	39.20	7.79
BZ-221	BZ-222	64.40	445.63	443.70	3.00	3.93	3.95	3.95	200.00	59.26	1.83	1.52	0.49	0.20	0.48	0.90	40.00	7.36
BZ-222	BZ-259	64.40	443.70	439.93	5.85	3.95	3.98	3.98	200.00	83.81	2.58	3.05	0.45	0.17	0.42	1.16	34.00	12.80
BZ-260	BZ-261	64.80	439.93	434.16	8.90	3.98	4.01	4.01	200.00	102.65	3.17	4.57	0.42	0.15	0.38	1.33	30.00	17.37
BZ-261	BZ-262	65.00	434.16	432.58	2.43	4.01	4.03	4.03	200.00	53.01	1.63	1.22	0.51	0.21	0.51	0.83	42.00	6.22
BZ-225	BZ-227	40.00	469.36	468.89	1.93	0.00	0.02	1.50	200.00	47.16	1.45	0.97	0.39	0.14	0.34	0.57	27.20	3.27
BZ-226	BZ-227	32.00	474.58	468.89	18.72	0.00	0.01	1.50	200.00	148.04	4.57	9.51	0.28	0.08	0.20	1.28	16.00	19.02
BZ-227	BZ-228	34.10	468.89	468.52	1.88	0.03	0.04	1.50	200.00	46.91	1.45	0.96	0.39	0.14	0.34	0.61	27.20	3.23
BZ-228	BZ-230	34.90	468.52	468.21	1.83	0.04	0.06	1.50	200.00	46.28	1.43	0.93	0.39	0.14	0.34	0.60	27.20	3.15
BZ-229	BZ-230	53.00	477.16	468.21	18.58	0.00	0.02	1.50	200.00	147.17	4.54	9.40	0.28	0.08	0.20	1.27	15.60	18.73
BZ-230	BZ-234	29.00	468.21	466.54	2.66	0.08	0.09	1.50	200.00	56.22	1.73	1.37	0.37	0.13	0.31	0.65	25.00	4.29
BZ-231	BZ-232	49.00	491.12	482.15	18.31	0.00	0.02	1.50	200.00	146.41	4.51	9.30	0.28	0.08	0.20	1.26	15.60	18.54
BZ-232	BZ-233	49.20	482.15	472.61	19.39	0.02	0.04	1.50	200.00	150.67	4.65	9.85	0.28	0.08	0.20	1.30	15.60	19.63
BZ-233	BZ-234	50.00	472.61	466.54	12.14	0.04	0.06	1.50	200.00	119.21	3.68	6.17	0.30	0.09	0.22	1.10	17.40	13.69

BZ-234	BZ-235	41.60	466.54	465.79	2.28	0.15	0.16	1.50	200.00	51.89	1.60	1.17	0.38	0.13	0.32	0.61	26.00	3.78
BZ-235	BZ-238	50.10	465.79	464.85	2.08	0.16	0.18	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.39	0.13	0.33	0.60	26.40	3.51
BZ-236	BZ-237	51.00	470.48	467.15	6.53	0.00	0.02	1.50	200.00	87.24	2.69	3.30	0.32	0.10	0.25	0.86	20.00	8.26
BZ-237	BZ-238	35.50	467.15	464.85	7.32	0.02	0.03	1.50	200.00	92.56	2.85	3.72	0.32	0.10	0.24	0.91	19.00	9.07
BZ-238	BZ-244	34.80	464.85	462.30	6.47	0.21	0.23	1.50	200.00	87.03	2.68	3.29	0.32	0.10	0.25	0.86	20.00	8.22
BZ-239	BZ-240	37.80	480.09	475.19	12.96	0.00	0.01	1.50	200.00	123.37	3.80	6.60	0.29	0.08	0.21	1.10	16.00	13.87
BZ-240	BZ-241	24.40	475.19	473.74	5.94	0.01	0.02	1.50	200.00	83.81	2.58	3.05	0.33	0.10	0.26	0.85	20.00	7.92
BZ-241	BZ-242	36.20	473.74	469.15	12.68	0.02	0.04	1.50	200.00	123.37	3.80	6.60	0.29	0.08	0.21	1.10	16.00	13.87
BZ-242	BZ-243	36.50	469.15	464.60	12.47	0.04	0.05	1.50	200.00	120.97	3.73	6.35	0.29	0.08	0.21	1.08	16.00	13.34
BZ-243	BZ-244	37.30	464.60	462.30	6.17	0.05	0.07	1.50	200.00	83.81	2.58	3.05	0.33	0.10	0.26	0.85	20.00	7.92
BZ-244	BZ-249	51.50	462.30	458.49	7.40	0.30	0.32	1.50	200.00	93.71	2.89	3.81	0.32	0.10	0.24	0.92	20.00	9.14
BZ-245	BZ-246	48.10	475.16	469.75	11.25	0.00	0.02	1.50	200.00	113.48	3.50	5.59	0.30	0.09	0.22	1.05	18.00	12.29
BZ-246	BZ-248	49.60	469.75	461.18	17.28	0.02	0.04	1.50	200.00	141.08	4.35	8.64	0.29	0.08	0.21	1.26	16.00	18.14
BZ-247	BZ-248	46.60	462.69	461.18	3.24	0.00	0.02	1.50	200.00	61.21	1.89	1.63	0.36	0.12	0.30	0.68	24.00	4.88
BZ-248	BZ-249	51.20	461.18	458.49	5.25	0.06	0.08	1.50	200.00	80.24	2.47	2.79	0.34	0.11	0.27	0.84	22.00	7.54
BZ-249	BZ-250	49.20	458.49	454.34	8.43	0.39	0.41	1.50	200.00	99.76	3.08	4.32	0.31	0.09	0.24	0.95	18.00	10.36



BZ-250	BZ-251	46.00	454.34	451.81	5.50	0.41	0.43	1.50	200.00	80.24	2.47	2.79	0.34	0.11	0.27	0.84	22.00	7.54
BZ-251	BZ-252	49.60	451.81	450.81	2.22	0.43	0.45	1.50	200.00	50.75	1.56	1.12	0.39	0.13	0.33	0.61	26.00	3.70
BZ-252	BZ-255	51.20	450.81	449.60	2.17	0.45	0.47	1.50	200.00	53.01	1.63	1.22	0.38	0.13	0.32	0.62	26.00	3.90
BZ-253	BZ-254	40.00	457.66	453.03	11.58	0.00	0.02	1.50	200.00	116.03	3.58	5.84	0.30	0.09	0.22	1.07	18.00	12.85
BZ-254	BZ-255	42.00	453.03	449.60	7.93	0.02	0.03	1.50	200.00	96.78	2.98	4.06	0.31	0.09	0.24	0.93	18.00	9.75
BZ-255	BZ-256	64.20	449.60	448.86	2.09	0.50	0.53	1.50	200.00	49.58	1.53	1.07	0.42	0.15	0.38	0.64	30.00	4.07
BZ-256	BZ-257	64.60	448.86	448.15	2.03	0.53	0.55	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.42	0.16	0.38	0.63	32.00	3.88
BZ-257	BZ-258	65.30	448.15	447.07	1.96	0.55	0.58	1.50	200.00	48.39	1.49	1.02	0.40	0.14	0.35	0.60	28.00	3.57
BZ-258	BZ-259	65.20	447.07	443.14	4.03	0.58	0.60	1.50	200.00	83.81	2.58	3.05	0.33	0.10	0.26	0.85	20.00	7.92
BZ-259	BZ-260	65.30	443.14	436.27	10.52	0.60	0.63	1.50	200.00	110.97	3.42	5.34	0.30	0.09	0.23	1.04	18.00	12.23
BZ-260	BZ-261	67.00	436.27	433.86	3.60	0.63	0.65	1.50	200.00	64.92	2.00	1.83	0.36	0.12	0.29	0.72	24.00	5.30
BZ-261	BZ-262	13.10	433.86	432.58	9.77	0.65	0.66	1.50	200.00	108.20	3.34	5.08	0.33	0.11	0.24	1.10	22.00	12.19
BZ-262	BZ-263	67.20	432.58	431.87	1.06	4.69	4.72	4.72	200.00	35.89	1.11	0.56	0.59	0.28	0.65	0.65	56.00	3.63
BZ-263	BZ-264	68.00	431.87	431.07	1.18	4.72	4.74	4.74	200.00	37.48	1.16	0.61	0.59	0.28	0.64	0.68	56.00	3.90
BZ-264	BZ-265	69.50	431.07	430.26	1.17	4.74	4.77	4.77	200.00	37.48	1.16	0.61	0.59	0.28	0.64	0.68	56.00	3.90
BZ-265	BZ-266	40.60	430.26	427.17	7.61	4.77	4.79	4.79	200.00	93.71	2.89	3.81	0.46	0.18	0.43	1.33	36.00	16.38

BZ-266	BZ-267	29.50	427.17	423.30	13.10	4.79	4.79	4.79	200.00	123.37	3.8	6.60	0.41	0.15	0.37	1.56	30.00	24.42
BZ-267	BZ-268	60.00	423.30	420.05	5.60	4.79	4.80	4.80	200.00	80.24	2.47	2.79	0.47	0.19	0.45	1.16	37.20	12.58
BZ-268	ptar	50.40	420.05	419.50	1.10	4.80	4.81	4.81	200.00	35.89	1.11	0.56	0.59	0.28	0.64	0.65	56.00	3.58

## **4.2 ANALISIS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO MEDIANTE SOFTWARE SEWERCAD**

El software SEWERCAD es propiedad de la empresa de softwares Bentley Systems, Incorporated. SEWERCAD es un programa que permite realizar el análisis y diseño de los sistemas de drenaje urbano con realce en sistemas sanitarios. Este programa se basa en el algoritmo de cálculo de Flujo Gradualmente Variado (FGV).

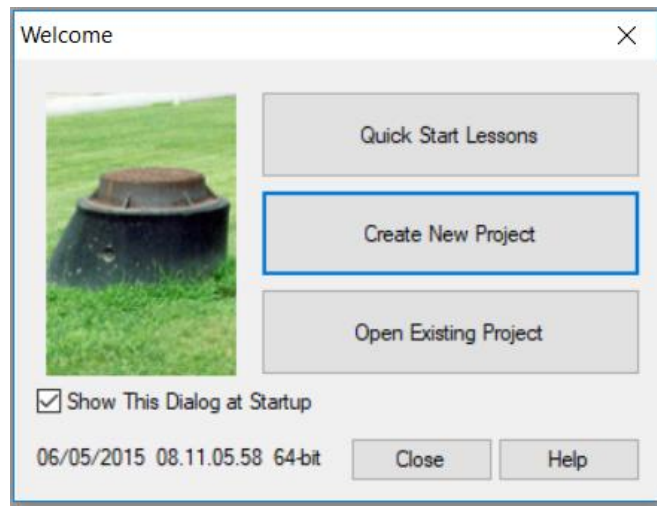
Posee un motor de cálculo que realiza un análisis de línea de energía del fluido mediante el método estándar, teniendo en cuenta las condiciones de flujo como son: Flujo sub-crítico, flujo crítico o flujo supercrítico.

SEWERCAD es un modelo multi-plataforma capaz de interactuar con plataformas como MicroStation, Autocad y con una interfaz autónoma llamada Stand-Alone. El programa permite el análisis de sistemas a gravedad o sistemas que combinan subsistemas a presión y subsistemas a gravedad.

### **4.2.1 Configuración del modelo**

Se ingresa al programa mediante el icono de acceso directo y se procede a dar click sobre la opción Create New Project.

Se debe comenzar la modelación de un proyecto mediante la configuración del modelo siguiendo algunos pasos.

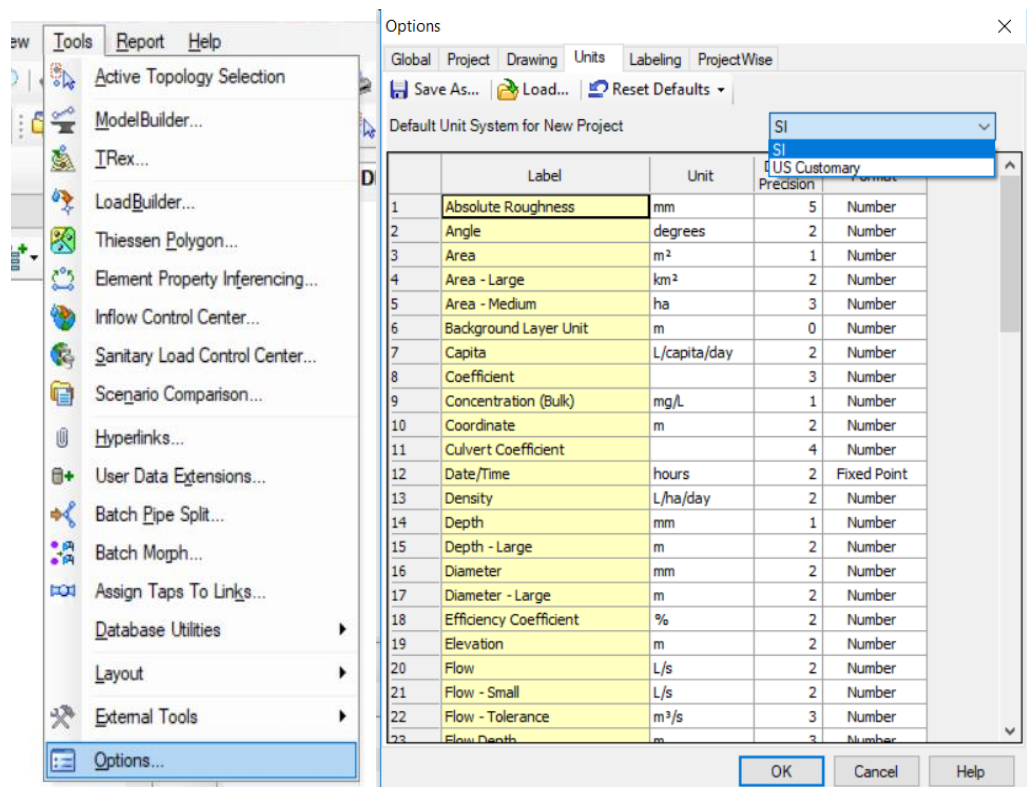


**Figura 4.1. Inicio de programa Sewercad**

Los pasos a seguir para la configuración del modelo son 3:

#### 1. Configuración de Unidades

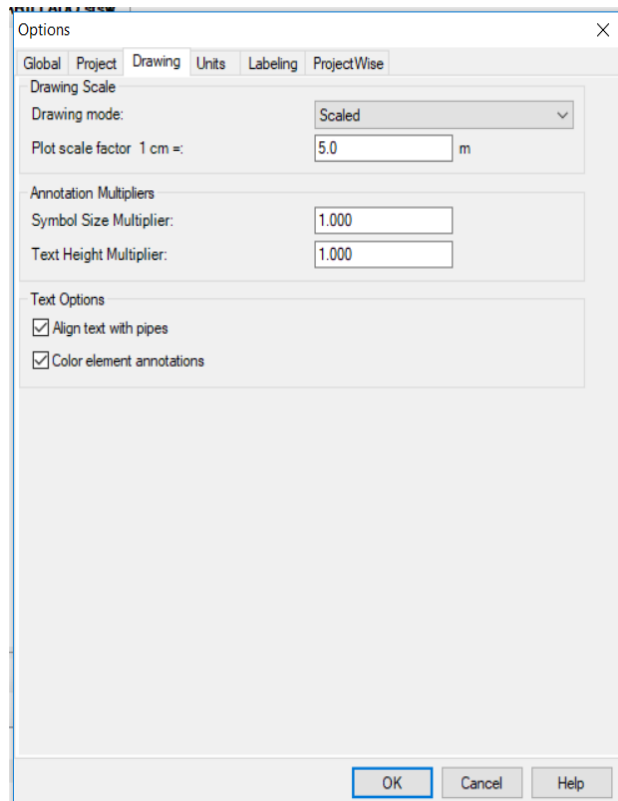
Por defecto, el programa trabaja con las unidades del sistema inglés. Para cambiar las unidades, se selecciona la opción Tools y dentro de ella se selecciona la opción Options. Es así que se despliega una ventana donde aparecen las opciones de unidades, el cual presenta 2 opciones de cambio de unidades: La primera es la opción Reset Defaults que permitirá cambiar las unidades del proyecto actual y la segunda es la opción Default Unit System for New Project que permitirá establecer las nuevas unidades para los futuros proyectos. En ambos casos se debe seleccionar la opción System International.



**Figura 4.2. Configuración de unidades de Sewercad**

## 2. Opciones de Dibujo

En la misma ventana de Opciones del paso anterior, se encuentra la pestaña denominada Drawing. En ella se debe establecer la opción de trabajar de manera escalada y en el campo concerniente al tamaño de anotación se mantendrá con el valor de 1



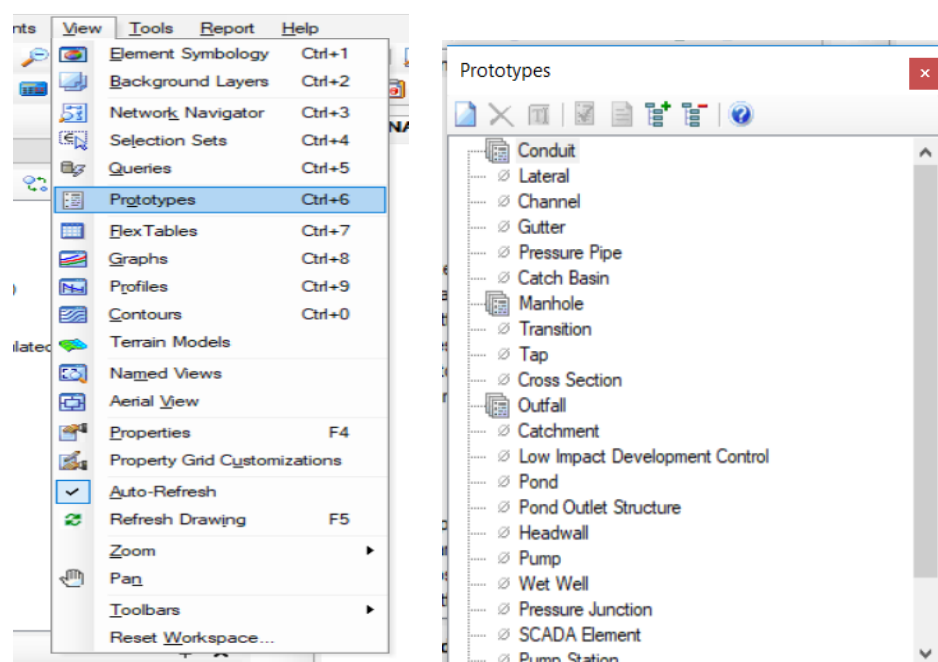
**Figura 4.3. Opciones de dibujo Sewercad**

### 3. Definir Prototipos para el modelado

Se denominan prototipos a las características que vienen por defecto con los diferentes elementos que conforman la red (tuberías, conexiones, etc.). Al definir estos prototipos o características con anticipación, permitirá seleccionar anticipadamente el material y el diámetro de las tuberías que se desean modelar para así evitar tener que definir estas características de forma manual por cada tubería de la red.

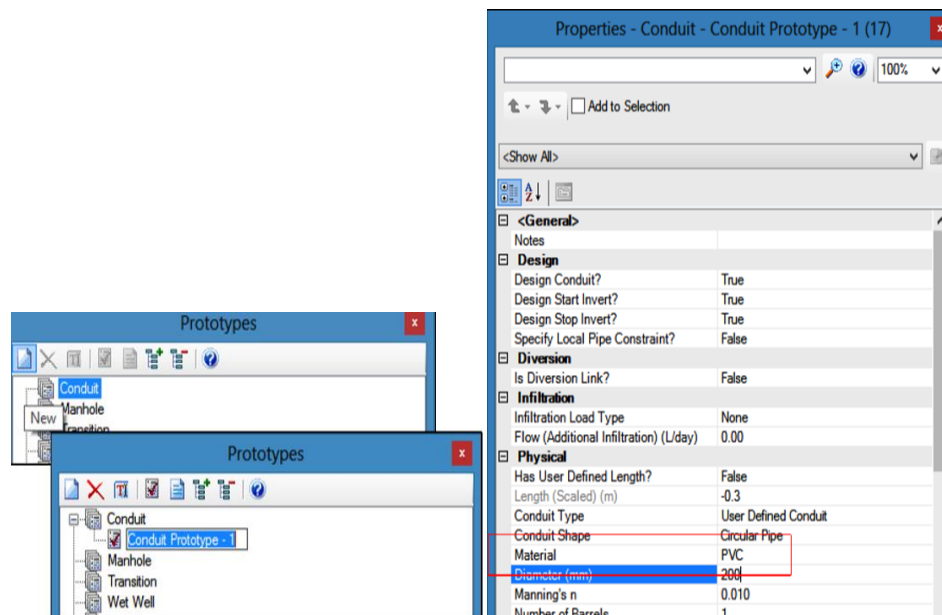
Para proceder a definir los prototipos de la red a modelar se selecciona la opción View y dentro de ella se selecciona la opción Prototypes, lo que

permitirá acceder a una lista con todos los elementos que pueden ser definidos y que conformarán la red a modelar.



**Figura 4.4. Prototipos Sewercad**

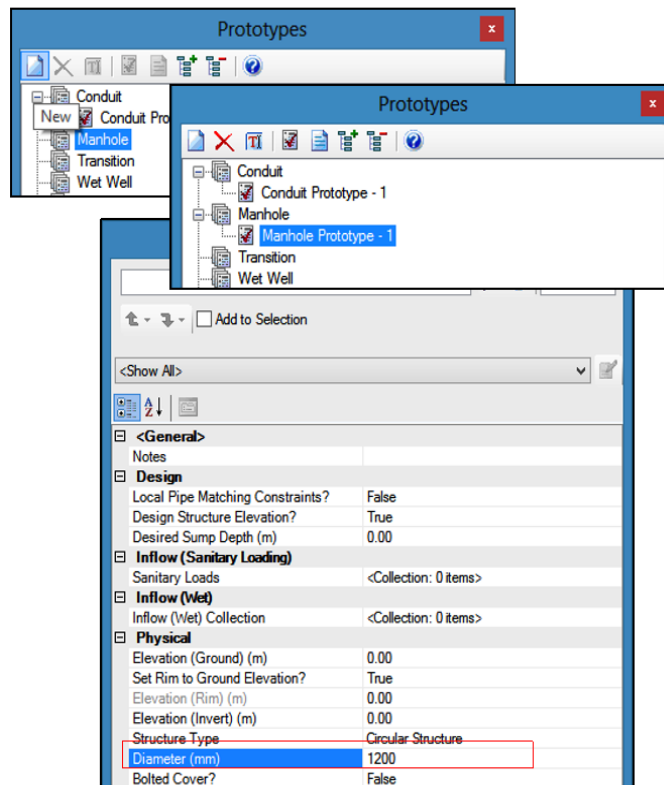
Se selecciona la opción Conduit (así se denominan a las tuberías en el software SEWERCAD) y a continuación se selecciona la opción New, con lo cual se logra crear un nuevo prototipo para las tuberías. Se selecciona el nuevo prototipo y se accede a sus propiedades, Dentro de la ventana de propiedades se ubica el campo denominado Material el cual no posee un material determinado, por lo que se seleccionará como material al PVC. Seguidamente se ubica el campo denominado Diameter, en el cual se colocará como diámetro inicial de las tuberías la medida de 200 mm de acuerdo a lo establecido por la Norma OS.070



**Figura 4.5. Definición de prototipo Sewercad**

Luego de haber definido el prototipo para las tuberías, se prosigue a definir el prototipo para los Manhole (así se denominan a los buzones en el software SEWERCAD). Para ello se selecciona la opción Manhole y nuevamente se selecciona la opción New, con lo cual se logra crear un nuevo prototipo para los buzones. Se selecciona el nuevo prototipo y se accede a sus propiedades. Dentro de la ventana de propiedades se ubica el campo denominado Diameter, en el cual se definirá el diámetro de los buzones con el valor de 1200 mm o 1.20 m, de acuerdo a lo indicado por la Norma OS.070.



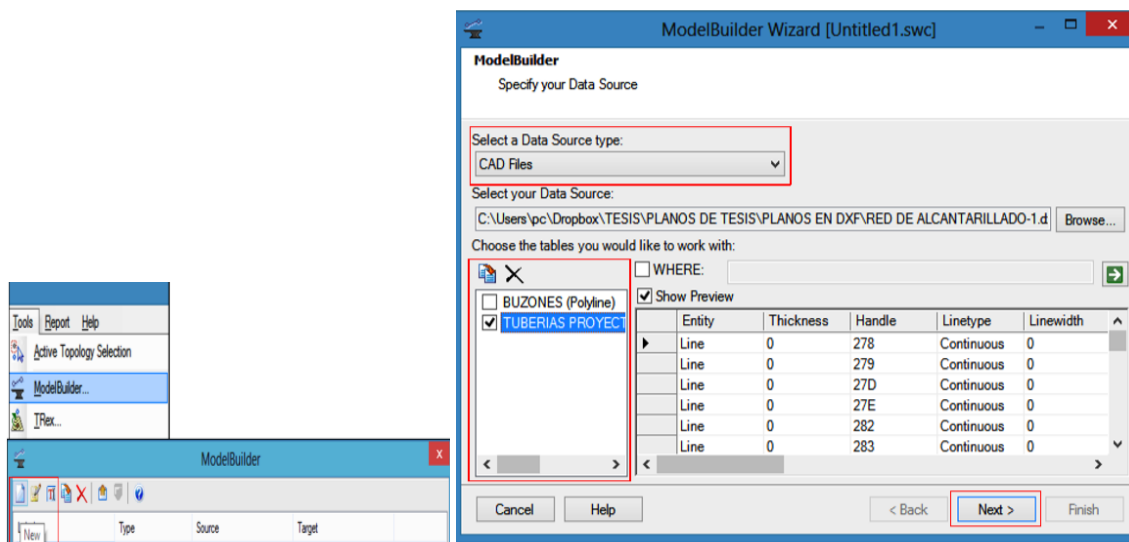


**Figura 4.6. Definición de diámetro en Sewercad**

### 3.3.2.2 Transformación de planos

Corregido el plano en CAD se procede a generar el modelo de la red de alcantarillado. Para ello se selecciona la opción Tools y dentro de ella se selecciona la opción Model Builder, que permite acceder a la ventana con el mismo nombre. Dentro de esta ventana se selecciona la opción New con la finalidad de crear un nuevo modelo. Al seleccionar este icono aparece la ventana denominada ModelBuilder Wizard y en ella se escogerá el tipo de data con la que se trabajará el modelo (CAD Files). Luego se debe colocar la ruta en la cual se encuentra el archivo CAD. Al haber seleccionado el archivo, se procede a seleccionar la capa en la cual se encuentran trazadas las tuberías.

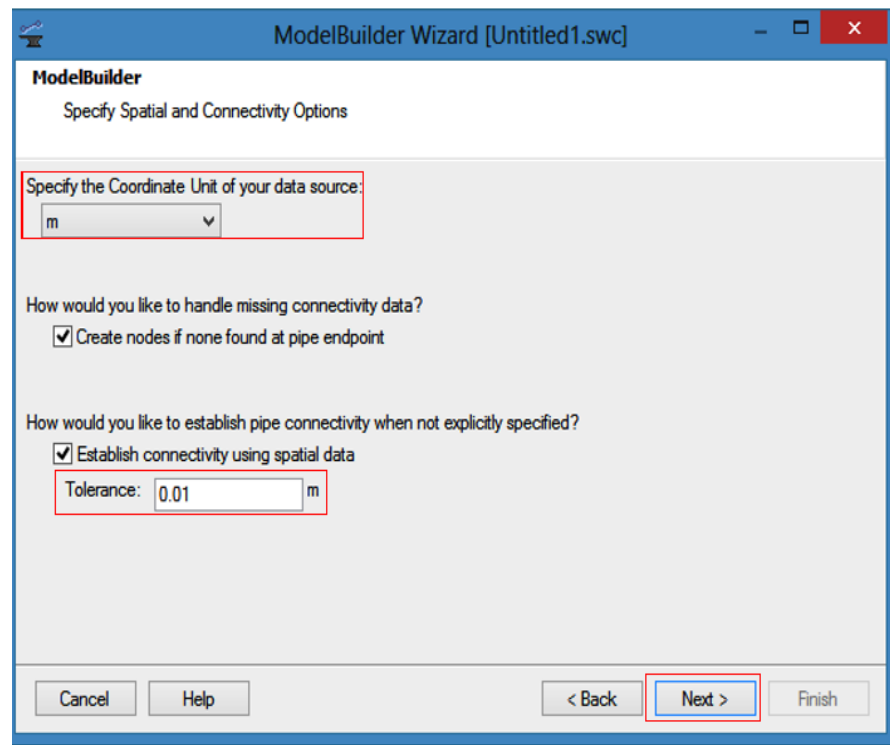
Posteriormente se selecciona la casilla con la opción Show Preview donde se podrá apreciar la base de datos que el software SEWERCAD crea al archivo CAD y a cada poli-línea de éste. Se selecciona la opción Next para continuar con el siguiente paso de la ventana ModelBuilder Wizard.



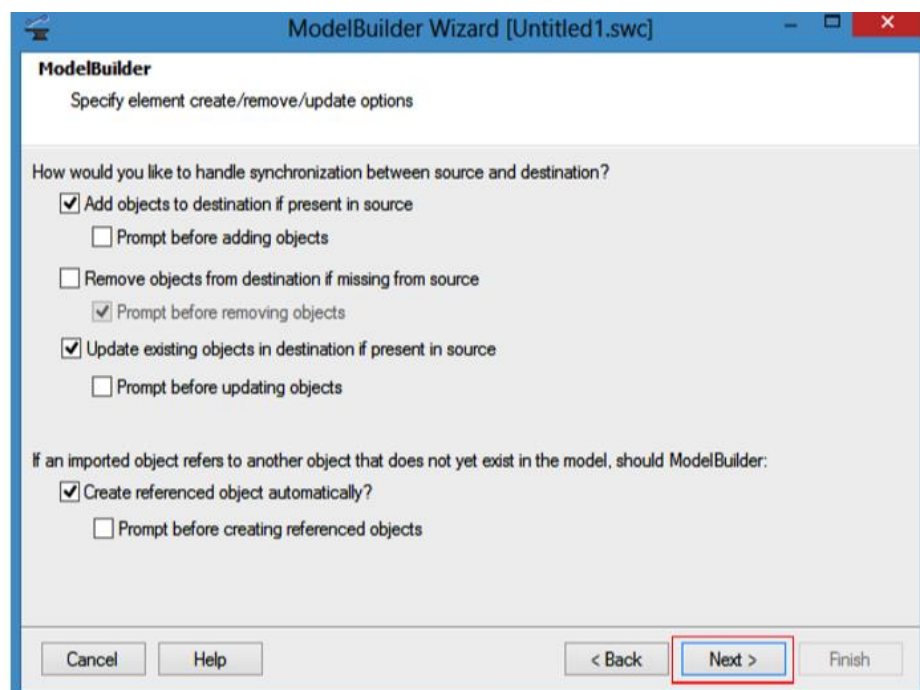
**Figura 4.7. ModelBuilder Wizard Sewercad**

Luego en la siguiente ventana se debe verificar que el sistema de unidades se encuentre en metros y posteriormente se debe establecer la tolerancia o conectividad espacial en 1 cm o 0.01.

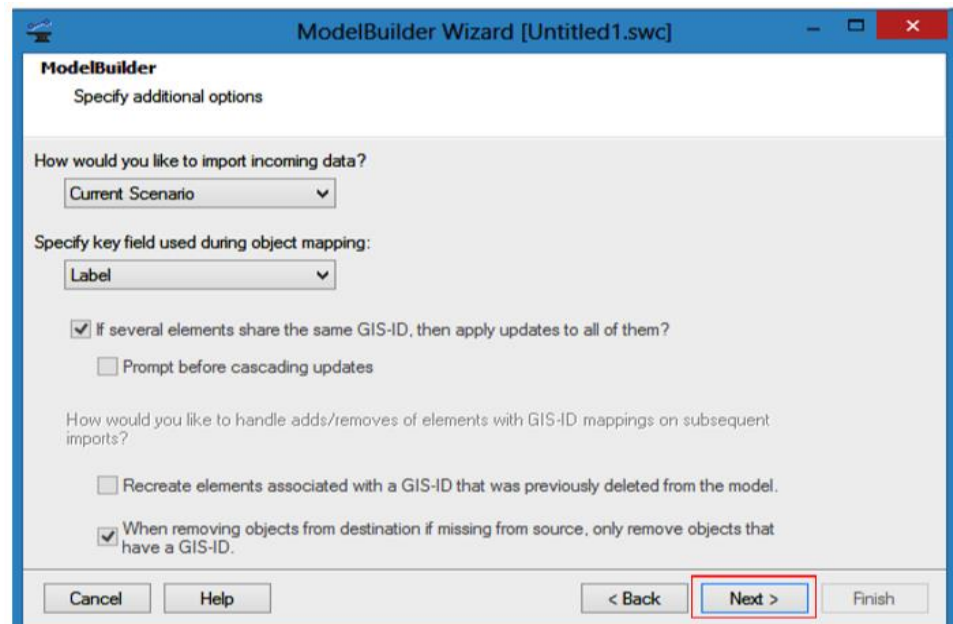
En las dos siguientes ventanas que corresponden a los siguientes pasos establecidos por el ModelBuilder Wizard no se producirán cambios y permanecerán tal como se muestran originalmente.



**Figura 4.8. ModelBuilder Wizard Sewercad**



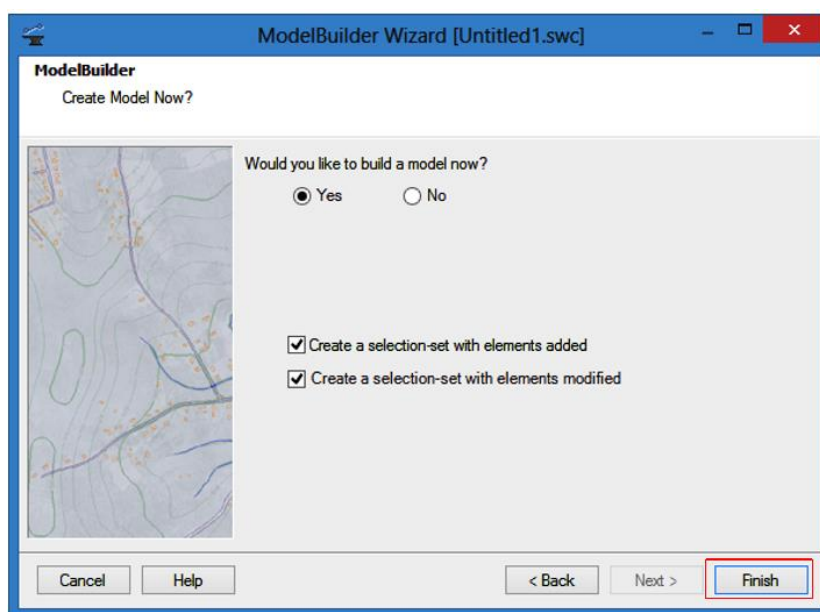
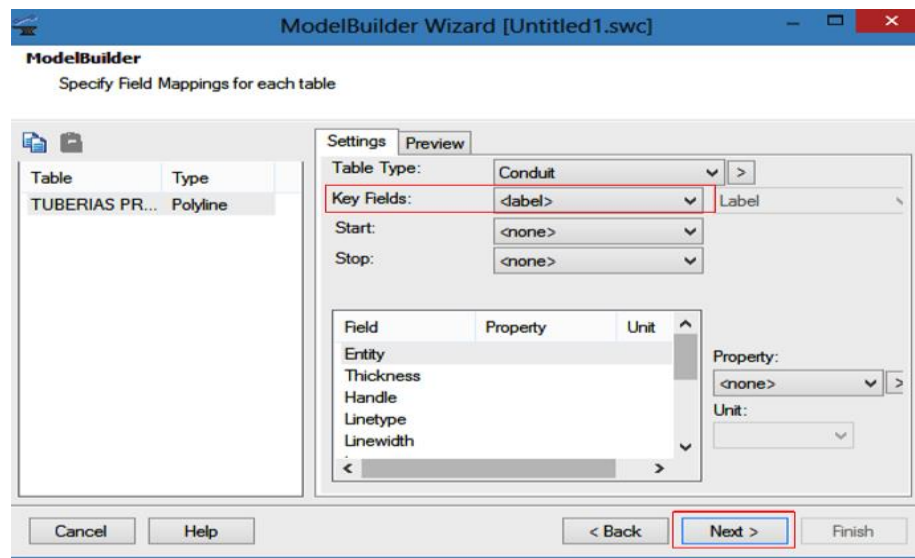
**Figura 4.9. Configuración inicial ModelBuilder Wizard Sewercad**



**Figura 4.10. key fields ModelBuilder Wizard Sewercad**

A continuación, en la ventana que se muestra, se debe realizar el cambio del campo denominado Key Fields y seleccionar la opción Label.

En la última ventana no se realizará ninguna modificación y permanecerá tal como se muestra originalmente. Seleccionamos la opción Finish para terminar con la ventana ModelBuilder Wizard.

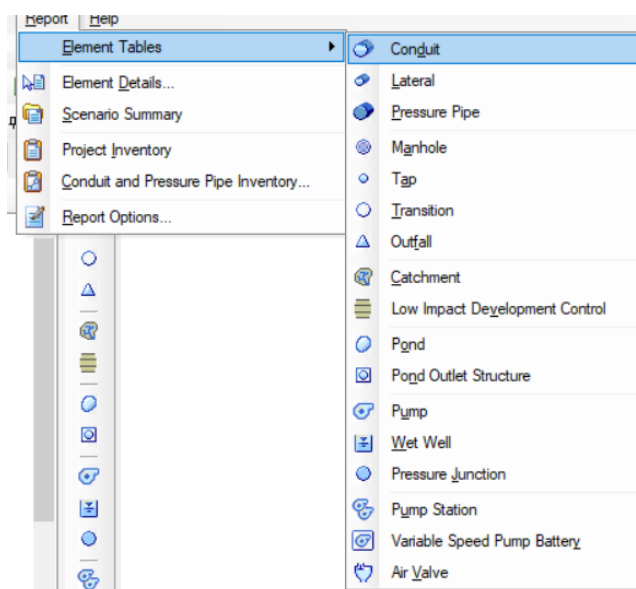


**Figura 4.11. Finalización de configuración ModelBuilder Wizard Sewercad**

Terminando los pasos anteriores, el software realiza la sincronización correspondiente y convierte el archivo CAD en el modelo de alcantarillado.

Se observa que las tuberías del modelo presentan una nomenclatura poco manejable, por lo cual se procederá a cambiar esa nomenclatura por una más

acorde al modelo. Para ello se selecciona la opción Report y dentro de ella se selecciona la opción Element Tables la cual muestra una lista desplegable de los elementos que pueden conformar la red, en este caso se selecciona elemento denominado Conduit. Al seleccionar dicho elemento aparece la tabla de propiedades de las tuberías de la red de alcantarillado donde aparecen diferentes columnas que poseen información de las tuberías que conforman el modelo. Dentro de dicha tabla se ubica la columna denominada Label en la cual se deberá cambiar la nomenclatura de las tuberías.



**Figura 4.12. Element Tables Sewercad**

FILE TABLE CONDUIT TABLE (CURRENT TABLE) (PRINTED ON: 11/11/2013 10:00:00 AM)

	Label	Start Node	Stop Node	Invert (Start) (m)	Set Invert to Start?	Set Invert to Stop?	Elevation Ground (Stop) (m)	Invert (Stop) (m)	Design Conduit?	Conduit Type	Diameter (mm)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Leng (Scale) (m)
594: TUBERIA-1	TUBERIA			0.61	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	597.43	596.13	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	40.0	
37: TUBERIA-2	TUBERIA			6.13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	592.95	591.55	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	41.0	
47: TUBERIA-3	TUBERIA			1.55	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	587.44	586.04	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	37.9	
43: TUBERIA-4	TUBERIA			9.45	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	597.43	595.53	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	40.0	
44: TUBERIA-5	TUBERIA			5.53	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	593.79	592.09	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	42.1	
45: TUBERIA-6	TUBERIA			2.09	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	591.47	590.07	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	43.6	
46: TUBERIA-7	TUBERIA			0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	587.44	586.04	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	44.0	
49: TUBERIA-8	TUBERIA			6.04	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	579.93	578.13	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	56.0	
595: TUBERIA-9	TUBERIA			8.13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	577.71	574.91	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	57.3	
60: TUBERIA-1	TUBERIA			0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	607.28	605.48	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	44.5	
61: TUBERIA-1	TUBERIA			5.48	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	602.69	601.29	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	44.8	
62: TUBERIA-1	TUBERIA-12	Bz-12	Bz-13	601.29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	598.27	596.57	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	45.1	
63: TUBERIA-1	TUBERIA-13	Bz-13	Bz-14	596.57	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	594.99	593.59	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	41.9	
64: TUBERIA-1	TUBERIA-14	Bz-14	Bz-15	593.59	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	590.30	588.80	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	43.7	
65: TUBERIA-1	TUBERIA-15	Bz-15	Bz-16	588.80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	586.20	584.70	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	45.2	
66: TUBERIA-1	TUBERIA-16	Bz-16	Bz-17	584.70	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	582.65	580.95	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	49.9	
67: TUBERIA-1	TUBERIA-17	Bz-17	Bz-18	580.95	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	577.71	574.91	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	48.1	
596: TUBERIA-1	TUBERIA-18	Bz-18	Bz-19	574.91	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	575.71	573.71	<input checked="" type="checkbox"/>	User Defined C	200.00	<input checked="" type="checkbox"/>	51.8	

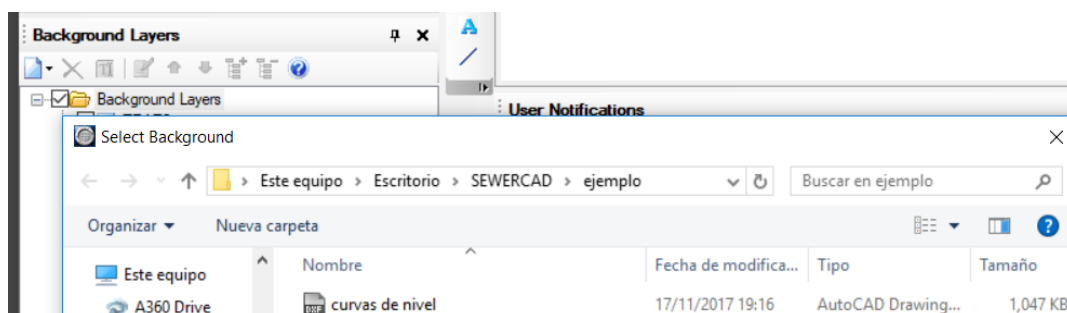
**Figura 4.13. Selección en Element tables Sewercad**

El software al convertir el archivo de CAD en un modelo, le ha asignado en cada extremo de las tuberías un buzón, de acuerdo a lo trazado en CAD. Es necesario revisar los buzones de los extremos de las tuberías que fueron seccionadas con la finalidad de no generar circuitos cerrados en nuestra red de alcantarillado.

De acuerdo a los prototipos que se han establecido, todas las tuberías son de PVC con un diámetro de 200 mm y coeficiente de rugosidad de Manning de 0.013, de acuerdo a lo establecido por la Norma OS.070.

A continuación, se cargará como capa de fondo las curvas de nivel, lo cual se realiza en la ventana denominada Background Layers. Dentro de ella se selecciona la opción denominada New y la opción New File que permite

seleccionar el archivo de topografía en el formato .DXF y colocarlo como capa de fondo. Este procedimiento permitirá capturar de forma automática las cotas que le corresponda a cada uno de los buzones.



**Figura 4.14. Background Layers Sewercad**

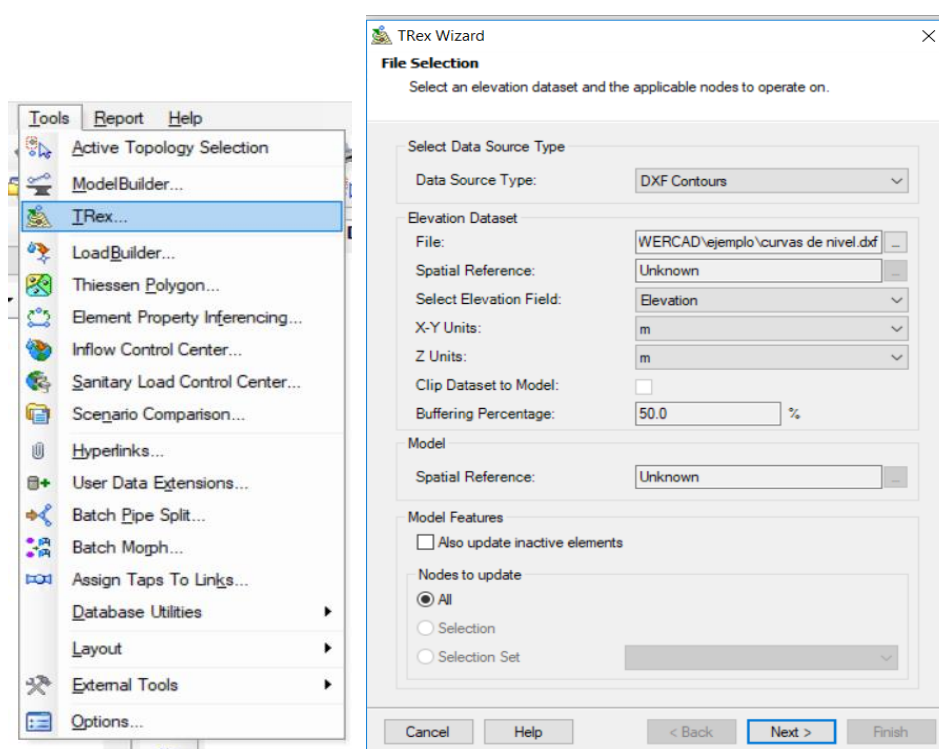
Para realizar la captura automática de las cotas para los buzones se debe seleccionar la opción Tools y dentro de ella seleccionar la opción denominada TRex que permitirá realizar la captura de las cotas para los buzones de manera automática. Luego de seleccionar esta opción aparece la ventana denominada TRex Wizard en la cual se deben llenar los campos correspondientes para poder completar la captura automática de cotas. El primer campo a llenar será el denominado Data Source Type, en el que se indicará el tipo de data que se va a extraer, en este caso será la data tipo DFX Contours.

El segundo campo que se debe completar es el denominado File, donde se debe seleccionar la ruta en la cual se encuentra el archivo denominado “curvas de nivel” que posee las curvas de nivel. El tercer campo a completar es el



denominado Select Elevation Field, en el que se debe indicar en que campo se guarda la data de la topografía, que es el campo denominado Elevation.

Los últimos campos a completar serán los designados a seleccionar las unidades que deben poseer los ejes X, Y y Z. La unidad de los ejes será el metro. Habiéndose completado todos los campos se selecciona la opción Next y el software empieza con la captura y asignación automática de cotas a los buzones. Terminado este proceso se selecciona la opción Finish de la ventana TRex Wizard.

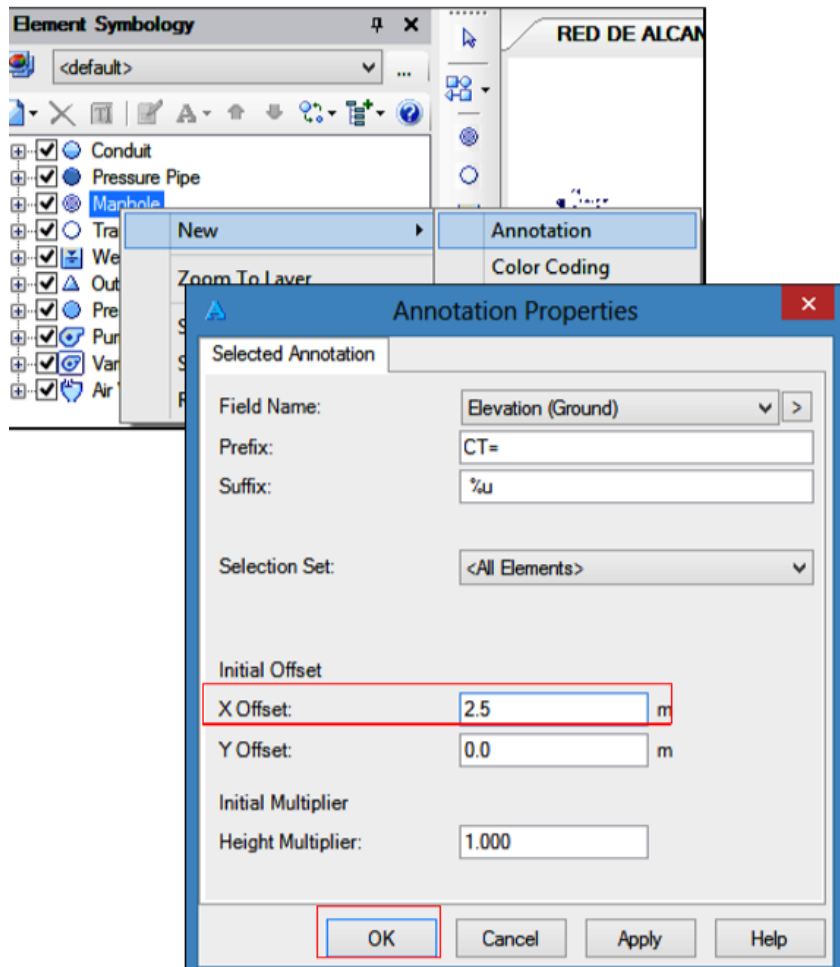


**Figura 4.15. T Rex Sewercad**

A continuación, se colocará la cota del terreno a los buzones de la red de alcantarillado, para lo cual se ubica la ventana denominada Element Symbology.

Dentro de ella se ubica la opción Manhole la cual se selecciona, permitiendo visualizar una lista desplegable de opciones de la cual se escogerá la opción denominada New y dentro de ella se selecciona la opción Annotation que permitirá colocar una anotación a los buzones, en este caso la anotación a colocar será la cota del terreno. Al seleccionar esta opción aparece la ventana de propiedades de las anotaciones. En el primer campo de la ventana denominado Field Name se debe seleccionar cuál es el campo que será colocado como anotación, en este caso el campo es el denominado Elevation (Ground).

En el segundo campo denominado Prefix, se colocará el prefijo que irá antes de la información correspondiente a la elevación del terreno, en el cual se colocará la siguiente abreviatura “CT=” (Cota de terreno). Finalmente, en el campo denominado X Offset se colocará el valor de desplazamiento de la anotación con respecto al eje X (se toma como referencia el centro del Manhole) el cual será de 2.5 metros



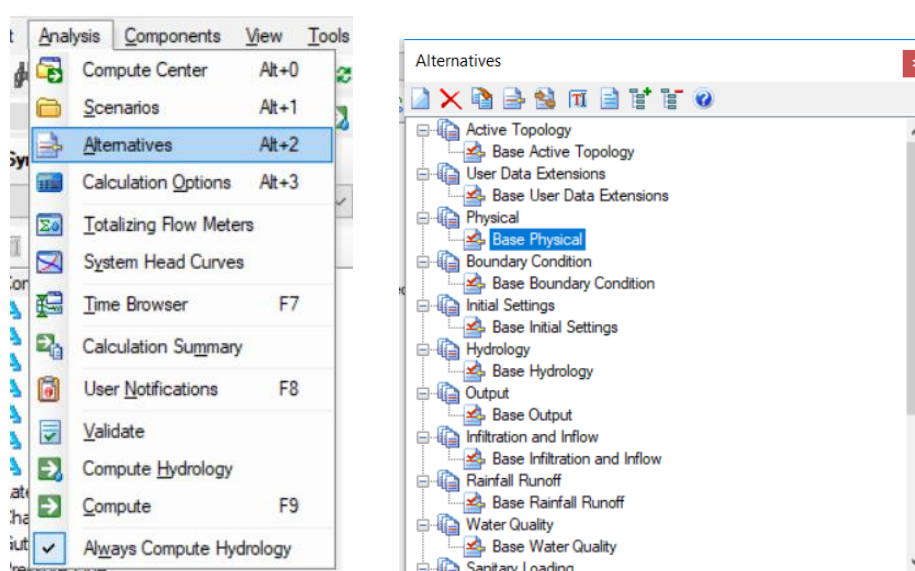
**Figura 4.16. Annotation properties Sewercad**

Este procedimiento es similar para todas las etiquetas que colocaremos al buzón y a las tuberías.

Para realizar la designación de carga al sistema en la opción Tools localizamos la opción Sanitary Load Control Center ordenamos de forma ascendente, que es el mismo orden que tenemos en nuestro diseño, y en el apartado loading unit count asignamos los caudales ya calculados por tramo de red.



A continuación, se selecciona la opción Analysis y dentro de ella se selecciona la opción Alternatives. Aparece una nueva ventana con el mismo nombre de la opción seleccionada, en la cual se debe seleccionar la opción physical y dentro de ella se selecciona la opción Base physical.

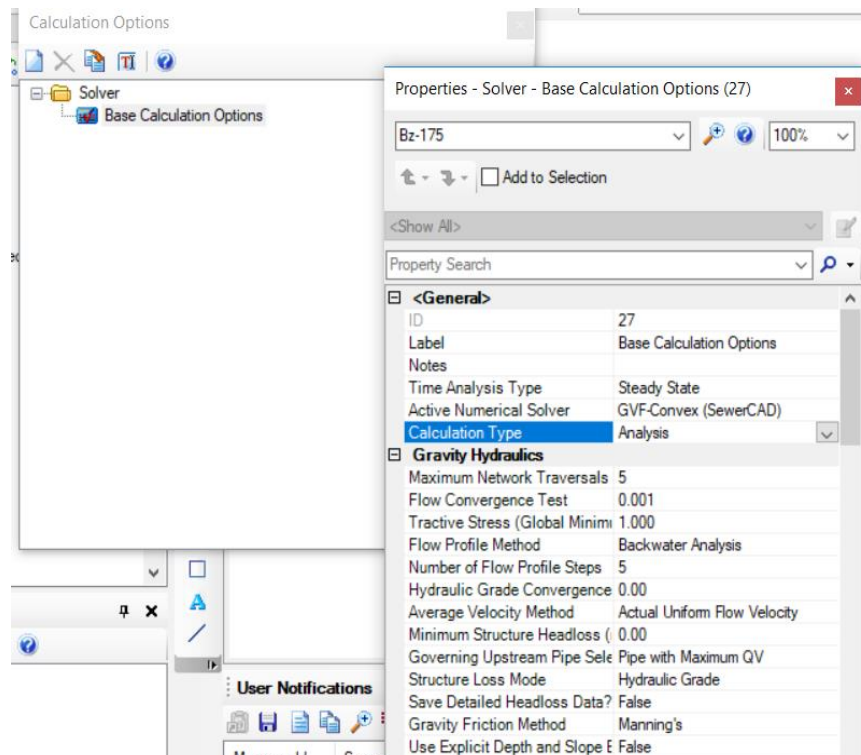


**Figura 4.18. Alternativas de análisis Sewercad**

Luego de los procedimientos anteriores, se procederá a definir las opciones de cálculo para el diseño de la red de alcantarillado.

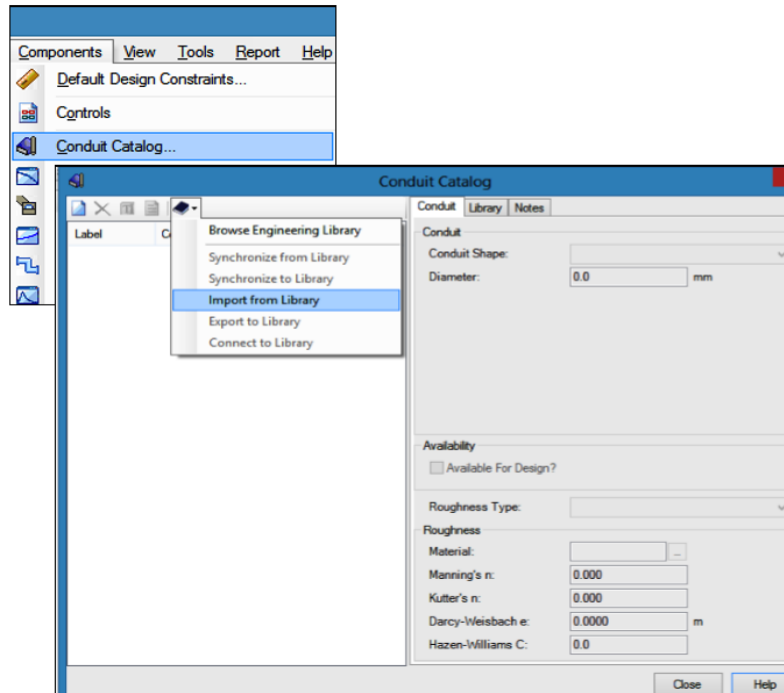
Para ello se seleccionará la opción denominada Analysis y dentro de ella se selecciona la opción denominada Calculation Options (Opciones de Cálculo).

Aparece una nueva ventana con el mismo nombre de la opción seleccionada anteriormente, dentro de la cual se selecciona la opción denominada Base Calculation Options accediendo a sus propiedades. Dentro de las propiedades de esta opción se ubica el campo denominado Calculation Type, el cual por defecto posee la opción Analysis lo que le permite al software realizar solamente el análisis hidráulico del modelo.



**Figura 4.19. tipo de cálculo – Análisis**

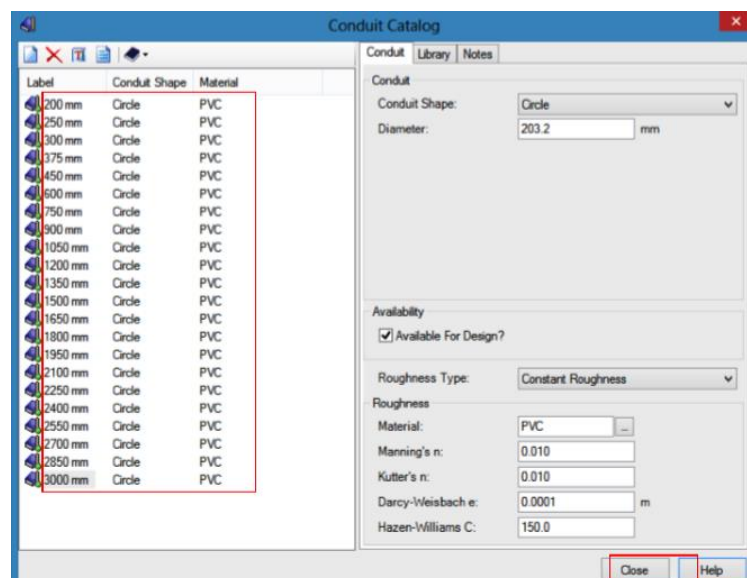
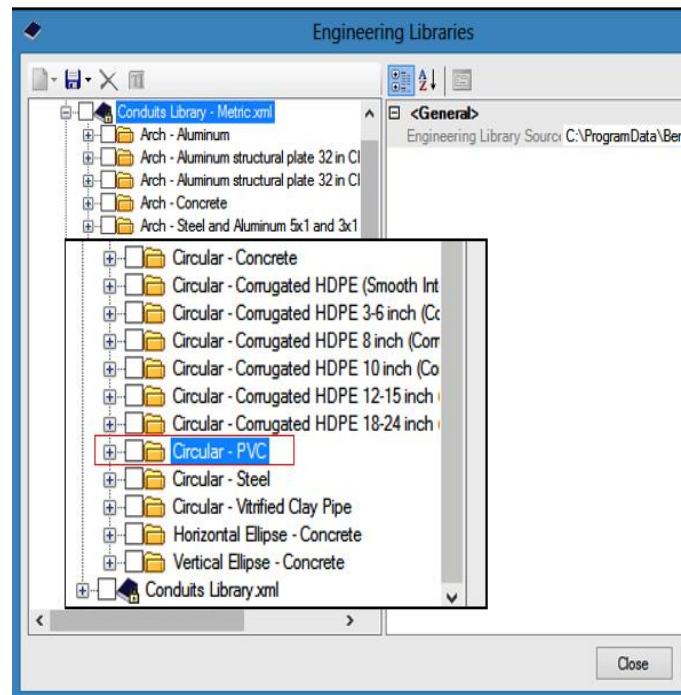
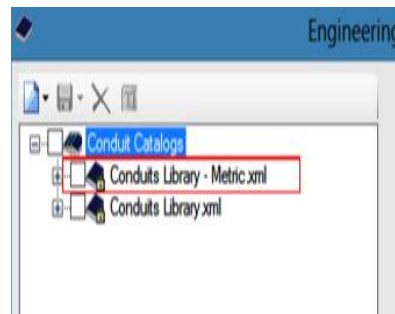
A continuación, se procederá a definir los diámetros de las tuberías que dispondrá el software para realizar el diseño de la red de alcantarillado. Para lo cual se debe seleccionar la opción Components y dentro de ella seleccionar la opción Conduit Catalog, mediante la selección de esta opción se accede a la ventana del catálogo de tuberías que posee el software. En esta ventana se selecciona la opción denominada Synchronization Options y dentro de ella se selecciona la opción Import from Library que permite acceder a la librería del software.



**Figura 4.20. Import from Library**

En la ventana Engineering Libraries (Bibliotecas de Ingeniería) se podrá visualizar los diferentes materiales y diámetros que se pueden utilizar para modelar la red de alcantarillado. Para acceder a esta información se debe desplegar la lista que posee la opción denominada Conduits Library – Metric en la cual aparecen los diferentes materiales que podrían ser modelados, dentro de ellos se debe ubicar la opción Circular PVC.

Dentro de esta opción se observan los diferentes diámetros de las tuberías de PVC, de donde se seleccionarán todos los diámetros que se presentan en la lista excepto los diámetros de 100 y 150 mm (milímetros) debido a que el diámetro mínimo para el diseño de redes de alcantarillado debe ser de 200 mm (milímetros) de acuerdo a la Norma OS.070. Al haber seleccionado los diámetros de las tuberías, selecciona la opción Select que permite cargar los diámetros de las tuberías hacia la ventana Conduit Catalog.

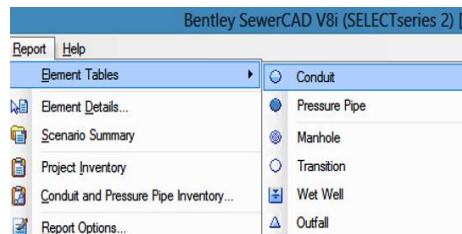




**Figura 4.21. Catálogos de tuberías Sewercad**

Luego de haber seleccionado los diámetros del catálogo de tuberías, se procederá a establecer dicho catálogo como parámetro inicial para las tuberías que conforman la red de alcantarillado antes de realizar el diseño mediante el software.

Por lo tanto, se deberá seleccionar la opción denominada Report y dentro de ella se selecciona la opción Element Tables donde se muestra una lista de elementos que pueden conformar la red de alcantarillado, en este caso se seleccionará al elemento denominado Conduit (Tubería). Luego de seleccionar esta opción aparece la ventana de las propiedades del elemento, dentro de ella se debe ubicar la columna denominada Conduit Type que será modificada mediante la opción Global Edit.



FlexTable: Conduit Table (Current Time: 0.000 hours) (RED DE ALCANTARILLADO.swc)

	Label	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Conduit Type	Conduit Shape	Material	Manning's n	Section Size (Catalog Conduit)
95: P-127	P-127	MH-14	341.90	OF-1	341.46	Catalog Conduit			0.010	200 mm
92: P-111	P-111	MH-39	343.01	MH-24	342.45	Catalog Conduit			0.010	200 mm
94: P-110	P-110	MH-8	344.25	MH-39	343.01	Catalog Conduit			0.010	200 mm
88: P-79	P-79	MH-37	347.95	MH-38	346.21	Catalog Conduit			0.010	200 mm
91: P-80	P-80	MH-38	346.21	MH-21	344.63	Catalog Conduit			0.010	200 mm
84: P-92	P-92	MH-35	347.48	MH-36	345.74	Catalog Conduit			0.010	200 mm
87: P-93	P-93	MH-36	345.74	MH-8	344.25	Catalog Conduit			0.010	200 mm
83: P-119	P-119	MH-15	344.34	MH-26	342.91	Catalog Conduit			0.010	200 mm
79: P-83	P-83	MH-33	346.24	MH-34	345.08	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
82: P-84	P-84	MH-34	345.08	MH-5	344.11	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
75: P-82	P-82	MH-31	345.74	MH-20	344.85	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
77: P-81	P-81	MH-32	347.20	MH-31	345.74	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
72: P-99	P-99	MH-4	344.11	MH-30	343.42	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
74: P-100	P-100	MH-30	343.42	MH-25	343.06	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
70: P-120	P-120	MH-26	342.91	OF-1	341.46	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
66: P-90	P-90	MH-27	347.79	MH-28	345.99	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
69: P-91	P-91	MH-28	345.99	MH-3	344.42	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
28: P-106	P-106	MH-3A	345.90	MH-8	344.25	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
45: D-117	D-117	MH-34	347.04	MH-34	347.04	Patalla Plancha	Plancha Dura	DUP	0.010	760 mm

**Figura 4.22. configuración de tuberías Sewercad**

Dentro de esta opción se ubica el campo denominado Value en el cual se seleccionará la opción Catalog Conduit, es así que en toda la columna Conduit Type aparece la opción Catalog Conduit.

Después de realizar la edición anterior, en la tabla de propiedades de las tuberías aparece la columna denominada Section Size (Catalog Conduit), en la cual se realizará el mismo procedimiento descrito anteriormente, pero en el campo denominado Value se colocará el valor de 200 mm.

Global Edit

Operation: Set

Value: Catalog Conduit

WHERE: Catalog Conduit

OK Cancel

	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Conduit Type	Conduit Shape	Material	Manning's n	Section Size (Catalog Conduit)
95: P-127	MM-14	341.98	OP-1	341.48	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
92: P-111	MM-09	343.01	MM-24	342.45	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
94: P-110	MM-8	344.25	MM-29	343.31	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
86: P-79	MM-37	347.83	MM-38	346.21	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
91: P-86	MM-38	346.21	MM-21	344.63	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
84: P-82	MM-35	347.48	MM-36	346.24	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
87: P-83	MM-36	346.24	MM-4	344.25	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
83: P-119	MM-15	344.34	MM-26	342.91	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
79: P-83	MM-33	346.24	MM-34	345.38	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
82: P-84	MM-34	345.38	MM-5	344.11	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
76: P-82	MM-31	345.74	MM-20	344.85	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
77: P-81	MM-32	347.28	MM-31	346.24	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
72: P-89	MM-4	344.11	MM-30	343.42	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
78: P-100	MM-30	343.42	MM-25	343.38	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
79: P-128	MM-28	342.81	OP-1	341.48	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
68: P-86	MM-27	347.78	MM-28	345.38	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
69: P-81	MM-28	345.38	MM-2	344.42	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
28: P-106	MM-5A	345.80	MM-6	344.35	Catalog Conduit	Circular Pipe	PVC	0.010	200 mm
OP-0-119	MM-19	347.15	MM-7A	347.47	Catalog Conduit	Partial Pipe	DOT	0.010	200 mm

**Figura 4.23. Finalización de configuración de propiedades de tuberías**  
**Sewercad**

Luego de haber realizado todos los procedimientos anteriores, se procederá a realizar el cálculo del modelo de la red de alcantarillado mediante el software SEWERCAD. Para ello, se ubica el icono denominado Compute mediante el cual el programa calculará el modelo que se ha realizado, designando los diámetros correspondientes a cada una de las tuberías de acuerdo a las restricciones, información o catálogos designados para el modelo en estudio.

#### REPORTE DE BUZÓN DE DESCARGA (OUTFALL)

Label	Elevation (Ground)  (m)	Set Rim to Ground Elevation?	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out)  (L/s)
PTAR	420.05	True	420.05	419.5	4.85

# REPORTE DE TUBERIAS (CONDUIT)

Label	Length (User Defined) (m)	Slope (Calculated) (%)	Section Type	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)
Tuberia-1	40.0	11.20	"Circle"	0.01	0.29	1.438
Tuberia-2	41.0	11.17	"Circle"	0.03	0.37	1.950
Tuberia-3	37.9	14.54	"Circle"	0.05	0.49	2.810
Tuberia-4	40.0	9.80	"Circle"	0.02	0.28	1.341
Tuberia-5	42.1	8.17	"Circle"	0.03	0.33	1.579
Tuberia-6	43.6	4.63	"Circle"	0.05	0.32	1.208
Tuberia-7	44.0	9.16	"Circle"	0.07	0.45	2.349
Tuberia-8	56.0	14.12	"Circle"	0.13	0.65	4.550
Tuberia-9	57.3	5.62	"Circle"	0.16	0.49	2.390
Tuberia-10	44.5	10.31	"Circle"	0.02	0.29	1.429
Tuberia-11	44.8	9.35	"Circle"	0.04	0.36	1.828
Tuberia-12	45.1	10.47	"Circle"	0.05	0.44	2.341
Tuberia-13	41.9	7.11	"Circle"	0.07	0.40	2.016
Tuberia-14	43.7	10.96	"Circle"	0.09	0.53	3.007
Tuberia-15	45.2	9.07	"Circle"	0.10	0.51	2.866

Tuberia-16	49.9	7.52	"Circle"	0.12	0.50	2.701
Tuberia-17	48.1	12.56	"Circle"	0.14	0.63	4.276
Tuberia-18	51.8	2.32	"Circle"	0.32	0.44	1.691
Tuberia-19	53.4	3.52	"Circle"	0.34	0.52	2.401
Tuberia-20	41.0	14.07	"Circle"	0.02	0.33	1.855
Tuberia-21	45.0	12.96	"Circle"	0.03	0.40	2.248
Tuberia-22	45.1	13.64	"Circle"	0.05	0.48	2.711
Tuberia-23	45.8	10.76	"Circle"	0.06	0.47	2.621
Tuberia-24	37.9	3.72	"Circle"	0.08	0.35	1.291
Tuberia-25	39.0	21.97	"Circle"	0.02	0.44	2.500
Tuberia-25	40.0	11.58	"Circle"	0.02	0.32	1.635
Tuberia-26	41.3	12.62	"Circle"	0.04	0.41	2.381
Tuberia-27	42.3	10.31	"Circle"	0.06	0.45	2.419
Tuberia-28	42.3	14.07	"Circle"	0.08	0.54	3.532
Tuberia-29	48.0	14.54	"Circle"	0.09	0.57	4.046
Tuberia-30	48.7	13.29	"Circle"	0.11	0.60	3.948
Tuberia-31	50.0	12.74	"Circle"	0.13	0.61	4.085
Tuberia-32	51.2	12.60	"Circle"	0.23	0.73	5.241

Tuberia-33	42.3	3.48	"Circle"	0.24	0.47	2.029
Tuberia-34	40.0	11.30	"Circle"	0.02	0.30	1.485
Tuberia-35	40.8	11.15	"Circle"	0.03	0.38	2.016
Tuberia-36	43.0	16.49	"Circle"	0.05	0.52	3.185
Tuberia-37	42.6	12.75	"Circle"	0.06	0.49	2.934
Tuberia-38	41.0	13.93	"Circle"	0.08	0.54	3.506
Tuberia-39	42.4	10.66	"Circle"	0.09	0.53	3.097
Tuberia-40	43.1	10.23	"Circle"	0.11	0.55	3.269
Tuberia-41	31.5	6.60	"Circle"	0.37	0.66	4.083
Tuberia-42	40.1	14.19	"Circle"	0.02	0.33	1.867
Tuberia-43	43.6	9.40	"Circle"	0.04	0.36	1.836
Tuberia-44	46.8	9.42	"Circle"	0.05	0.42	2.163
Tuberia-45	47.7	11.26	"Circle"	0.07	0.49	2.850
Tuberia-46	46.0	9.83	"Circle"	0.46	0.82	6.107
Tuberia-47	46.6	6.59	"Circle"	0.48	0.72	4.545
Tuberia-48	46.0	8.24	"Circle"	0.84	0.92	6.985
Tuberia-49	42.7	8.92	"Circle"	0.85	0.95	7.501
Tuberia-50	40.2	11.29	"Circle"	0.02	0.30	1.539

Tuberia-51	43.5	15.63	"Circle"	0.04	0.44	2.671
Tuberia-52	45.4	12.09	"Circle"	0.05	0.47	2.609
Tuberia-53	45.5	6.99	"Circle"	0.07	0.42	1.950
Tuberia-54	45.7	5.65	"Circle"	0.09	0.41	1.855
Tuberia-55	47.1	10.66	"Circle"	0.96	1.05	9.081
Tuberia-56	47.5	5.64	"Circle"	0.98	0.86	5.556
Tuberia-57	47.5	9.26	"Circle"	1.00	1.01	8.292
Tuberia-58	42.0	12.36	"Circle"	0.02	0.33	1.758
Tuberia-59	50.3	15.59	"Circle"	0.04	0.44	2.698
Tuberia-60	40.9	3.55	"Circle"	0.05	0.30	1.003
Tuberia-61	41.7	2.33	"Circle"	0.07	0.28	1.830
Tuberia-62	41.2	2.33	"Circle"	0.08	0.29	1.923
Tuberia-63	40.0	5.88	"Circle"	0.10	0.44	2.060
Tuberia-64	50.5	14.83	"Circle"	0.12	0.64	4.530
Tuberia-65	50.8	8.58	"Circle"	0.14	0.55	3.218
Tuberia-66	54.3	3.76	"Circle"	0.16	0.43	1.796
Tuberia-67	43.9	5.26	"Circle"	0.18	0.50	2.445
Tuberia-68	44.9	2.16	"Circle"	0.20	0.38	1.295

Tuberia-69	52.8	7.22	"Circle"	1.21	1.00	7.425
Tuberia-70	53.0	5.34	"Circle"	1.24	0.90	5.942
Tuberia-71	54.0	4.39	"Circle"	1.26	0.84	5.141
Tuberia-72	54.0	2.19	"Circle"	1.28	0.66	3.024
Tuberia-73	55.5	2.29	"Circle"	1.30	0.68	3.158
Tuberia-74	55.7	3.34	"Circle"	1.32	0.78	4.263
Tuberia-75	54.9	2.24	"Circle"	1.34	0.68	3.153
Tuberia-76	55.0	2.15	"Circle"	1.36	0.67	3.071
Tuberia-77	55.0	2.58	"Circle"	1.39	0.72	3.570
Tuberia-78	55.0	4.64	"Circle"	1.41	0.89	5.655
Tuberia-79	55.0	14.07	"Circle"	1.43	1.31	13.487
Tuberia-80	55.0	12.78	"Circle"	1.45	1.27	12.620
Tuberia-81	60.0	5.78	"Circle"	1.48	0.98	6.836
Tuberia-82	61.3	7.11	"Circle"	1.50	1.05	8.099
Tuberia-83	63.6	12.58	"Circle"	1.53	1.30	12.637
Tuberia-84	36.2	10.83	"Circle"	1.54	0.60	1.399
Tuberia-85	36.6	2.16	"Circle"	1.58	0.60	1.560
Tuberia-86	38.0	2.34	"Circle"	1.59	0.61	1.741



Tuberia-87	46.5	2.34	"Circle"	1.60	0.63	1.864
Tuberia-88	50.0	10.00	"Circle"	1.61	0.60	2.982
Tuberia-89	50.0	15.38	"Circle"	1.62	0.64	4.426
Tuberia-90	62.5	2.22	"Circle"	1.64	0.68	4.963
Tuberia-91	39.0	2.92	"Circle"	1.66	0.79	4.263
Tuberia-92	26.5	2.34	"Circle"	1.67	0.74	3.596
Tuberia-93	48.1	6.55	"Circle"	1.69	0.21	1.770
Tuberia-94	27.9	2.08	"Circle"	1.71	0.71	3.310
Tuberia-95	24.3	2.35	"Circle"	1.72	0.75	3.648
Tuberia-96	42.4	4.27	"Circle"	1.74	0.92	5.833
Tuberia-97	44.0	11.86	"Circle"	1.75	1.32	12.904
Tuberia-98	23.8	15.46	"Circle"	1.77	1.46	15.890
Tuberia-99	42.0	9.79	"Circle"	1.80	1.24	11.259
Tuberia-100	47.6	6.72	"Circle"	1.81	1.09	8.451
Tuberia-101	37.6	8.09	"Circle"	1.83	1.17	9.807
Tuberia-102	39.9	7.77	"Circle"	1.85	1.16	9.543
Tuberia-103	43.8	4.75	"Circle"	1.87	0.98	6.551
Tuberia-104	50.8	2.13	"Circle"	1.89	0.74	3.525

Tuberia-105	54.7	4.10	"Circle"	1.90	0.93	5.886
Tuberia-106	45.0	13.56	"Circle"	0.02	0.32	1.760
Tuberia-107	54.0	12.83	"Circle"	0.03	0.39	2.140
Tuberia-108	46.0	4.93	"Circle"	0.05	0.33	1.261
Tuberia-109	49.5	13.52	"Circle"	0.07	0.51	3.162
Tuberia-110	40.0	19.77	"Circle"	0.02	0.41	2.249
Tuberia-111	41.5	17.95	"Circle"	0.04	0.47	3.121
Tuberia-112	44.0	15.82	"Circle"	0.06	0.52	3.308
Tuberia-113	46.0	10.98	"Circle"	0.08	0.49	2.988
Tuberia-114	32.9	19.82	"Circle"	0.16	0.77	6.442
Tuberia-115	42.6	2.30	"Circle"	0.01	0.16	0.374
Tuberia-116	46.0	20.52	"Circle"	0.19	0.82	7.153
Tuberia-117	46.2	15.50	"Circle"	0.20	0.75	5.969
Tuberia-118	47.2	10.32	"Circle"	0.22	0.66	4.527
Tuberia-119	53.7	10.93	"Circle"	0.23	0.69	4.864
Tuberia-120	45.5	18.70	"Circle"	0.02	0.40	2.103
Tuberia-121	56.7	13.49	"Circle"	0.03	0.40	2.257
Tuberia-122	43.5	5.82	"Circle"	0.01	0.22	0.778

Tuberia-123	31.3	2.08	"Circle"	0.29	0.41	1.485
Tuberia-125	40.5	20.49	"Circle"	0.01	0.36	2.048
Tuberia-126	35.3	2.38	"Circle"	0.03	0.22	0.588
Tuberia-127	30.0	26.93	"Circle"	0.01	0.37	1.941
Tuberia-128	35.0	22.31	"Circle"	0.02	0.41	2.907
Tuberia-129	44.1	8.80	"Circle"	0.06	0.43	2.163
Tuberia-130	30.0	5.90	"Circle"	0.39	0.65	3.799
Tuberia-131	32.3	2.26	"Circle"	0.31	0.44	1.647
Tuberia-132	41.4	8.82	"Circle"	0.42	0.77	5.368
Tuberia-133	45.0	5.60	"Circle"	0.44	0.66	3.844
Tuberia-134	34.4	3.58	"Circle"	0.02	0.21	0.615
Tuberia-135	15.4	17.86	"Circle"	0.03	0.45	2.926
Tuberia-136	36.0	2.17	"Circle"	0.01	0.13	0.303
Tuberia-137	20.5	6.68	"Circle"	0.06	0.38	1.825
Tuberia-138	22.9	6.03	"Circle"	0.52	0.72	4.398
Tuberia-140	41.0	2.27	"Circle"	0.01	0.15	0.343
Tuberia-141	45.5	4.02	"Circle"	0.03	0.27	0.845
Tuberia-142	43.7	2.06	"Circle"	0.05	0.24	0.641

Tuberia-143	43.5	2.07	"Circle"	0.06	0.26	0.743
Tuberia-144	50.0	13.20	"Circle"	0.02	0.36	1.957
Tuberia-145	20.8	16.83	"Circle"	0.05	0.48	3.255
Tuberia-146	54.8	6.77	"Circle"	2.44	1.20	9.711
Tuberia-146	49.6	2.32	"Circle"	0.02	0.20	0.498
Tuberia-147	25.6	12.97	"Circle"	0.08	0.54	3.349
Tuberia-148	47.5	1.98	"Circle"	0.16	0.35	1.093
Tuberia-149	48.4	2.33	"Circle"	0.18	0.38	1.289
Tuberia-150	43.2	14.33	"Circle"	0.02	0.37	1.806
Tuberia-151	45.0	8.22	"Circle"	0.21	0.61	3.737
Tuberia-152	27.6	10.29	"Circle"	0.23	0.68	4.639
Tuberia-153	59.2	2.04	"Circle"	0.26	0.40	1.385
Tuberia-154	59.5	2.00	"Circle"	0.28	0.40	1.415
Tuberia-155	59.7	2.01	"Circle"	0.30	0.41	1.472
Tuberia-156	36.9	2.41	"Circle"	0.02	0.20	0.489
Tuberia-157	46.0	2.28	"Circle"	0.03	0.23	0.592
Tuberia-158	48.7	2.24	"Circle"	0.05	0.25	0.682
Tuberia-159	53.0	11.77	"Circle"	0.06	0.48	2.719

Tuberia-161	55.0	2.00	"Circle"	0.40	0.45	1.676
Tuberia-162	56.0	2.07	"Circle"	0.42	0.46	1.751
Tuberia-163	55.3	1.97	"Circle"	0.43	0.46	1.709
Tuberia-164	53.0	2.00	"Circle"	0.45	0.47	1.759
Tuberia-165	32.2	2.24	"Circle"	0.46	0.49	1.950
Tuberia-166	36.3	2.20	"Circle"	0.48	0.49	1.960
Tuberia-167	53.0	10.62	"Circle"	0.08	0.48	2.916
Tuberia-167	30.8	2.47	"Circle"	0.50	0.52	2.175
Tuberia-168	48.8	2.34	"Circle"	0.52	0.51	2.119
Tuberia-169	37.3	4.24	"Circle"	0.02	0.23	0.738
Tuberia-170	33.3	6.01	"Circle"	0.03	0.31	1.157
Tuberia-171	44.0	2.14	"Circle"	0.01	0.15	0.327
Tuberia-172	43.0	1.07	"Circle"	0.06	0.20	0.424
Tuberia-173	44.0	1.23	"Circle"	0.07	0.23	0.524
Tuberia-174	45.2	4.51	"Circle"	0.02	0.22	0.719
Tuberia-175	47.1	1.06	"Circle"	0.10	0.23	0.487
Tuberia-176	37.0	1.00	"Circle"	0.12	0.25	0.555
Tuberia-177	45.2	4.20	"Circle"	0.02	0.23	0.755

Tuberia-178	40.0	8.55	"Circle"	0.04	0.38	1.700
Tuberia-179	28.3	2.08	"Circle"	0.18	0.36	1.181
Tuberia-180	39.0	15.41	"Circle"	0.02	0.35	2.038
Tuberia-181	47.9	7.04	"Circle"	0.21	0.58	3.310
Tuberia-182	48.3	4.06	"Circle"	0.23	0.49	2.239
Tuberia-183	48.7	2.01	"Circle"	0.25	0.39	1.348
Tuberia-184	53.0	5.94	"Circle"	0.26	0.59	3.138
Tuberia-185	46.2	2.23	"Circle"	0.28	0.42	1.530
Tuberia-186	46.4	17.46	"Circle"	0.29	0.87	7.722
Tuberia-187	49.9	2.22	"Circle"	0.82	0.59	2.511
Tuberia-188	50.0	2.00	"Circle"	0.02	0.19	0.415
Tuberia-189	52.0	2.04	"Circle"	0.03	0.21	0.555
Tuberia-190	36.5	11.07	"Circle"	0.05	0.44	2.298
Tuberia-191	34.4	17.47	"Circle"	0.07	0.58	4.033
Tuberia-192	65.5	4.15	"Circle"	0.92	0.75	4.260
Tuberia-193	42.0	13.43	"Circle"	0.02	0.31	1.707
Tuberia-194	49.2	12.58	"Circle"	0.04	0.40	2.273
Tuberia-195	50.7	8.50	"Circle"	0.97	0.98	7.663

Tuberia-196	50.2	4.84	"Circle"	0.99	0.82	4.971
Tuberia-197	49.6	1.98	"Circle"	1.01	0.60	2.514
Tuberia-198	49.5	2.08	"Circle"	1.03	0.61	2.639
Tuberia-199	48.2	2.01	"Circle"	1.05	0.61	2.594
Tuberia-200	49.8	3.41	"Circle"	3.50	1.05	6.714
Tuberia-201	49.2	3.80	"Circle"	3.52	1.09	7.316
Tuberia-202	49.5	2.36	"Circle"	3.54	0.93	5.067
Tuberia-203	44.0	14.45	"Circle"	0.02	0.38	1.819
Tuberia-204	38.9	7.99	"Circle"	0.04	0.36	1.572
Tuberia-205	38.6	8.34	"Circle"	0.05	0.40	1.936
Tuberia-206	17.0	9.18	"Circle"	0.07	0.45	2.352
Tuberia-207	60.6	1.68	"Circle"	3.61	0.83	3.925
Tuberia-208	60.2	1.41	"Circle"	3.64	0.78	3.432
Tuberia-209	63.0	1.27	"Circle"	3.66	0.75	3.168
Tuberia-210	71.9	1.17	"Circle"	3.69	0.73	2.977
Tuberia-211	75.3	1.02	"Circle"	3.71	0.70	2.693
Tuberia-212	67.6	1.46	"Circle"	3.74	0.79	3.577
Tuberia-213	64.3	1.96	"Circle"	3.77	0.88	4.506

Tuberia-214	46.3	5.40	"Circle"	0.03	0.27	1.022
Tuberia-215	52.1	8.94	"Circle"	0.04	0.39	1.873
Tuberia-216	58.3	6.35	"Circle"	3.83	1.34	11.316
Tuberia-217	59.6	1.76	"Circle"	3.86	0.86	4.185
Tuberia-218	58.9	1.61	"Circle"	3.88	0.83	3.917
Tuberia-219	59.1	1.81	"Circle"	3.90	0.87	4.298
Tuberia-220	61.1	3.24	"Circle"	3.92	1.07	6.780
Tuberia-221	64.4	3.00	"Circle"	3.95	1.04	6.397
Tuberia-222	64.4	5.85	"Circle"	3.97	1.32	10.800
Tuberia-223	64.8	8.90	"Circle"	4.00	1.53	15.020
Tuberia-224	65.0	2.43	"Circle"	4.02	0.97	5.475
Tuberia-225	40.0	1.93	"Circle"	0.00	0.12	0.209
Tuberia-226	32.0	18.72	"Circle"	0.03	0.41	2.719
Tuberia-227	34.1	1.88	"Circle"	0.06	0.25	0.648
Tuberia-228	34.9	1.83	"Circle"	0.08	0.27	0.768
Tuberia-229	53.0	18.58	"Circle"	0.03	0.41	2.704
Tuberia-230	29.0	2.66	"Circle"	0.13	0.36	1.260
Tuberia-231	49.0	18.31	"Circle"	0.02	0.39	2.019



Tuberia-232	49.2	19.39	"Circle"	0.04	0.49	3.393
Tuberia-233	50.0	12.14	"Circle"	0.06	0.47	2.713
Tuberia-234	41.6	2.28	"Circle"	0.21	0.40	1.369
Tuberia-235	50.1	2.08	"Circle"	0.23	0.39	1.333
Tuberia-236	51.0	6.53	"Circle"	0.02	0.27	1.035
Tuberia-237	35.0	7.43	"Circle"	0.04	0.36	1.511
Tuberia-238	34.8	6.47	"Circle"	0.29	0.62	3.523
Tuberia-239	37.8	12.96	"Circle"	0.01	0.30	1.619
Tuberia-240	24.4	5.94	"Circle"	0.04	0.32	1.244
Tuberia-241	36.2	12.68	"Circle"	0.05	0.48	2.729
Tuberia-242	36.5	12.47	"Circle"	0.07	0.51	3.122
Tuberia-243	37.3	6.17	"Circle"	0.09	0.43	2.005
Tuberia-244	51.5	7.40	"Circle"	0.39	0.72	4.504
Tuberia-245	47.1	11.49	"Circle"	0.01	0.28	1.430
Tuberia-246	51.0	16.80	"Circle"	0.02	0.39	2.417
Tuberia-247	46.2	3.27	"Circle"	0.01	0.20	0.543
Tuberia-248	51.2	5.25	"Circle"	0.05	0.35	1.378
Tuberia-249	49.2	8.43	"Circle"	0.46	0.78	5.392

Tuberia-250	46.0	5.50	"Circle"	0.48	0.68	3.961
Tuberia-251	49.6	2.22	"Circle"	0.50	0.50	2.005
Tuberia-252	51.2	1.97	"Circle"	0.51	0.48	1.857
Tuberia-254	42.0	7.93	"Circle"	0.04	0.37	1.629
Tuberia-255	64.2	2.09	"Circle"	0.57	0.51	2.037
Tuberia-256	64.6	2.03	"Circle"	0.58	0.51	1.992
Tuberia-257	65.3	1.96	"Circle"	0.61	0.51	1.974
Tuberia-258	65.2	4.03	"Circle"	0.62	0.66	3.511
Tuberia-259	65.2	10.54	"Circle"	0.63	0.93	7.421
Tuberia-260	67.0	3.60	"Circle"	0.64	0.64	3.273
Tuberia-261	13.1	9.77	"Circle"	0.66	0.91	7.151
Tuberia-262	67.2	1.06	"Circle"	4.71	0.76	3.062
Tuberia-263	68.0	1.18	"Circle"	4.74	0.79	3.340
Tuberia-264	69.5	1.17	"Circle"	4.76	0.79	3.323
Tuberia-265	40.6	7.61	"Circle"	4.79	1.33	14.393
Tuberia-266	29.50	5.41	"Circle"	4.81	1.56	24.581
Tuberia-267	60.00	1.09	"Circle"	4.81	1.16	12.578

## **V CONCLUSIONES**

### **5.1 Conclusiones Respecto al Sistema de Alcantarillado Sanitario**

- El sistema de red de alcantarillado sanitario, se ha logrado desarrollar de tal forma que trabajen enteramente por gravedad, sin necesidad de elementos de bombeo en ningún punto.
- Con la red de alcantarillado sanitario se ha logrado cubrir la totalidad de las viviendas existentes, en todos los sectores de los centros poblados de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui alto
- El punto propuesto para la construcción de la laguna facultativa está ubicado a más de 500 metros del límite urbano, el terreno propuesto brinda con las condiciones favorables y características topográficas para ser ubicado ya que en ese lugar pueden ser colectadas por gravedad las aguas residuales, permitiendo construir una infraestructura que funcione sin necesidad de equipos de bombeo, lo cual minimiza los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones.

## **VI RECOMENDACIONES**

### **6.1 Recomendaciones Respecto al Sistema de Alcantarillado Sanitario**

- Se recomienda respetar los diámetros y pendientes, así como calidad de materiales establecidas en el diseño, pues cualquier variación cambiará las condiciones hidráulicas del diseño, lo que podría originar rebalses en la red u obstrucciones en sectores específicos.
- Al ejecutarse este proyecto se debe de brindar el mantenimiento adecuado al sistema de alcantarillado sanitario, ya sea preventivo y/o correctivo, ya que este permite mantener el sistema en buenas condiciones y en funcionamiento, para alcanzar la vida útil para la que fue diseñado.
- Cuando la red de alcantarillado sanitario cumpla con su período de diseño se recomienda que su diseño sea revisado, con el fin de determinar si el sistema de alcantarillado satisface las especificaciones hidráulicas para un funcionamiento adecuado.
- El agua residual tratada podrá reutilizarse para el riego agrícola de la zona.

## **VII ANEXOS**

ANEXO 1: POBLACION BENEFICIARIA

ANEXO 2: CAUDALES DE DISEÑO

ANEXO 3: TABLA HIDRAULICA DE TUBERIA LLENA

ANEXO 4: TABLA HIDRAULICA DE TUBERIA PARCIALEMNTE LLENA

ANEXO 5: RELACIONES HIDRULICAS

ANEXO 6: CONEXIÓN DOMICILIARIA

ANEXO 7: DETALLE DE BUZONES Y MEDIA CAÑA

ANEXO 8: PERFILES LONGITUDINALES DE TRAZO DE RED DE COLECTORES



## VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO (2005)  
Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>
- Ricardo Alfredo López Cualla (2003) ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
- COMO EJECUTAR OBRAS DE AGUA Y DESAGÜE (2006) Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/obrasdeagua/cap6.pdf>
- MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: ALCANTARILLADO SANITARIO (2009) Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>
- RNE O.S 070 REDES DE AGUA RESIDUALES Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=188>
- RNE O.S 090 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
Recuperado de [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.090.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf)

- RNE O.S 100 CONSIDERACIONES BASICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/26%20OS.100%20CONSIDERACIONES%20BASICAS%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20INFRAESTRUCTURA.pdf>